Dr. Rainer Böhm

Elektronische Orgeln und ihr Selbstbau

101

RPB
electronic-
taschenbücher

Die technischen und musikalischen Grundlagen zum Entwurf und Selbstbau elektronischer Orgeln hoher Klangqualität

Franzis

RPB electronic-taschenbücher RPB
Titelverzeichnis

Jeder Einfach-Band umfaßt etwa 60—70 Seiten, enthält bis zu 70 Bilder und Tabellen. Mehrfach-Bände entsprechend. Die Nummer vor dem Titel ist die Bestell-Nummer. Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten.

Preise: Einfachband (•) DM 4.80; Doppelband (• •) DM 7.80; Dreifachband (• • •) DM 9.80; Vierfachband (• • • •) DM 12.80.

4 • • Der Hobby-Elektroniker lernt messen (Nührmann) 2. Aufl.

5 • • Brand- und Einbruchmeldeanlagen (Bartels).

6 • Antennen für Rundfunk- und Fernseh-Empfang (Mende). 15. Aufl.

8 • • • ABC der Elektronik-Orgel (Wuschek)

9 • • Tonbandgeräte-Praxis (Junghans). 12. Aufl.

11 • • • Mikrofone (Kühne). 9. Aufl.

16 • • • Widerstandskunde für Elektroniker (Hoffmeister). 7. Aufl.

19 • • • Optoelektronik (Ratheiser/Pichler).

20 • • Methodische Fehlersuche in Rundfunkempfängern (Renardy/Lummer). 14. Aufl.

22 • • • Lehrgang Radiotechnik Band I (Jacobs). 12. Aufl.

24 • • • desgl., Band II (Jacobs). 8. Aufl.

25 • • • Amateur-Funkfernschreibtechnik RTTY (Pietsch)

29 • • • Kleines ABC der Elektroakustik (Büscher). 7. Aufl.

30 • • • UHF-Amateurfunk-Antennen (Reithofer)

32 • • • DX-Vademecum (Best)

33 • • • Elektronische Voltmeter (Limann/Pelka)

34 • • • Von der Mengenlehre zur Schaltalgebra (Siegfried). 2. Auflage

35 • • Systemanalyse und System-Design (Lewandowski).

38 • • • SSB- und ISB-Technik (Pelka). 2. Aufl.

40 • Fachwörter der Elektronik. 2. Aufl.

44 • • • KW- und UKW-Amateurfunk-Antennen (Diefenbach). 11. Aufl.

46 • Sendertabelle (Schneider/Redlich). 3. Aufl.

51 • • Kleine Fernseh-Bildfehler-Fibel (Gies/Kirsch). 2. Aufl.

53 • • • Elektroflug (Bruß).

54 • • • Schaltalgebra im Experiment (Kleemann)

56 • Der Hobby-Elektroniker ätzt seine Platinen selbst (Nührmann).

58 • • Morselehrg. (Diefenbach). 10. Aufl.

59 • • Funk-Entstörungs-Praxis (Mende). 6. Aufl.

60 • • Die Widerstand-Kondensator-Schaltung (Schneider). 7. Aufl.

64 • • Einführung in die Operationsverstärker-Technik (Hirschmann). 2. Aufl.

65 • • • Operationsverstärker-Anwendung (Hirschmann). 2. Auflage

68 • • • Kleine Elektronik-Formelsammlung (Rose). 15. Aufl.

69 • • Integrierte Schaltungen in Frage und Antwort (Hibberd). 2. Aufl.

70 • • • Laser, Maser, Hologramme (Ferretti)

72 • • Drahtlose Fernsteuerung von Flugmodellen (Schultheiss). 6. Aufl.

73 • • Wie liest man eine Schaltung? (Benda).

80 • • • • Das Spulenbuch — Hochfrequenzspulen (Sutaner). 6. Aufl.

82 • • Was ist ein Mikroprozessor? (Pelka). 4. Aufl.

83 • • Mikrofon-Aufnahmetechnik (Praetzel/Warnke)

84 • • Fernsehantennen-Praxis (Mende). 13. Aufl.

85 • • • HiFi-Schaltungs- und Baubuch (Kühne/Horst). 9. Aufl.

87 • • Methodische Fehlersuche in der Industrie-Elektronik (Benda).

88 • • Schliche und Kniffe für Radiopraktiker (Kühne). 7. Aufl.

90 • Netzgeräte mit ICs (Sehrig). 2. Aufl.

Dr. Rainer Böhm

Elektronische Orgeln und ihr Selbstbau

Die technischen und musikalischen Grundlagen zum Entwurf und Selbstbau elektronischer Orgeln hoher Klangqualität

Mit 61 Abbildungen und 5 Tabellen

7., neu bearbeitete Auflage

FRANZIS-VERLAG MÜNCHEN

Nr. 101 der RPB electronic-taschenbücher

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Böhm, Rainer:
Elektronische Orgeln und ihr Selbstbau: d. techn. u. musikal. Grundlagen zum Entwurf u. Selbstbau elektron. Orgeln hoher Klangqualität / Dr. Rainer Böhm. – 7., neu bearb. Aufl. – München: Franzis-Verlag, 1979.
(|RPB-Elektronik-Taschenbücher| RPB-electronic-taschenbücher; Nr. 101)
ISBN 3-7723-1017-6

1979

Franzis-Verlag GmbH, München

Sämtliche Rechte – besonders das Übersetzungsrecht – an Text und Bildern vorbehalten. Fotomechanische Vervielfältigung nur mit Genehmigung des Verlages. Jeder Nachdruck, auch auszugsweise, und jede Wiedergabe der Abbildungen, auch in verändertem Zustand, sind verboten.

Druck: Franzis-Druck GmbH, Karlstraße 35, 8000 München 2
Printed in Germany. Imprimé en Allemagne.

ISBN 3-7723-1017-6

Vorwort zur 7. Auflage

Die im Vorwort zur ersten Auflage erwähnte zunehmende Beliebtheit elektronischer Orgeln hat weiterhin angehalten. Früher besaßen diese Instrumente noch Seltenheitswert. Heute findet man sie in jedem Musikgeschäft, bei den meisten Tanzkapellen, sogar in Kirchen und vor allen Dingen als vielseitiges Hausinstrument bei ungezählten Musikfreunden in Stadt und Land.

Weil der Selbstbau elektronischer Orgeln seit Erscheinen der ersten Auflage so großen Zuspruch fand, hat der Verfasser diese Instrumente ständig verbessert und neue Typen entwickelt. Hinzu kamen die verschiedensten neuen Zusatzeffekte einschließlich elektronischem Schlagzeug und BÖHMAT. Diese können sowohl in neuere als auch ältere Ausführungen der vom Verfasser empfohlenen Transistororgeln leicht eingebaut werden und machen den Selbstbau dieser Instrumente besonders interessant. Gleichzeitig entstanden für diese Orgeln und Zusatzeffekte komplette Bausätze mit ausführlichen Bauanleitungen, mit deren Hilfe jedermann leicht und sicher elektronische Orgeln bauen kann, die sich mit hochwertigen Industrieorgeln durchaus messen können.

Die vorliegende Neubearbeitung dieses Buches nimmt auf diese Bausätze Bezug, da sie den Selbstbau hochwertiger elektronischer Orgeln sehr vereinfachen, und auf die zwischenzeitlichen umfangreichen Entwicklungsarbeiten. Gleichzeitig wird auch dem allgemein interessierten Leser ein guter Einblick in den heutigen Stand der Technik dieser Instrumente gegeben. Die Vorteile des Selbstbaus und die Gesichtspunkte zur Auswahl des richtigen Instrumententyps je nach Verwendungszweck werden ausführlich dargestellt. Möge dieses Buch den elektronischen Orgeln und dem Selbstbaugedanken weiterhin begeisterte Freunde zuführen!

Minden (Westfalen), im Juli 1978 Dr. Rainer Böhm

Inhalt

1 Technische und musikalische Grundlagen 9
1.1 Allgemeines 9
1.2 Grundbausteine 14
1.2.1 Netzteil 14
1.2.2 Generator 16
1.2.3 Sägezahn-Generatoren 21
1.2.4 Sägezahn-Rechteck-Generatoren 22
1.3 Vibrato 26
1.4 Klaviaturen 29
1.4.1 Allgemeines 29
1.4.2 Manuale 30
1.4.3 Pedale 34
1.5 Tastenkontakte 36
1.5.1 Allgemeines 36
1.5.2 Elektronische Tastenkontakte 36
1.5.3 Mechanische Tastenkontakte 38
1.5.4 Wirkungsweise der Tastenkontakte 38
1.6 Klangformung 45
1.6.1 Allgemeines 45
1.6.2 Obertöne und Klangfarbe 45
1.6.3 Die Klangfarbenerzeugung bei der Pfeifenorgel 49
1.6.4 Temperierte Stimmung 55
1.6.5 Die Klangfarbenerzeugung bei der Elektronenorgel 56
1.6.6 Mehrkanalige Wiedergabe 67
1.6.7 Freie Kombinationen 68
1.6.8 Feste Kombinationen 69
1.6.9 Koppeln 70
1.6.10 Registerschalter 71
1.6.11 Zugriegel 71
1.7 Schweller 73
1.8 Verstärker 74
1.9 Hallgeräte 79
1.10 Lautsprecher 81
1.11 Rotationslautsprecher 86

2 Zusatzeffekte 90
2.1 Allgemeines 90
2.2 Pedalnachklang 91

2.3 Sustain 94
2.4 Spezialeffekte 98
2.4.1 Percussion 98
2.4.2 Contracussion 99
2.4.3 Mandolineneffekt 100
2.4.4 Amplitudenvibrato 100
2.4.5 Rechteckschwingung 100
2.4.6 Formantglissando 101
2.4.7 Sonstiges 102
2.5 Hawaiieffekt 103
2.6 Magisches Vibrato 104
2.7 Phasing-Rotor 104
2.8 Stereo-Phasing 105
2.9 Elektronisches Schlagzeug und BÖHMAT. 106
2.9.1 Allgemeines 106
2.9.2 Halbautomat 107
2.9.3 Vollautomat 109
2.9.4 BÖHMAT 111

3 Der Selbstbau elektronischer Orgeln 115
3.1 Vorteile des Selbstbaus 115
3.2 Allgemeine Aufbauhinweise 120
3.3 Sägezahn-Rechteck-Generator 120
3.4 Klaviaturen 121
3.5 Tastenkontakte 122
3.6 Klangformung 124
3.7 Das Stimmen 126
3.8 Sonstiges. 126
3.9 Bausatzkatalog 128

4 Beschreibung, Verwendungsmöglichkeiten und Aufbau elektronischer Orgeln verschiedener Größe . . 129
4.1 Allgemeines 129
4.2 Die Auswahl einer elektronischen Orgel 130
4.3 Einmanualige, einchörige Instrumente 132
4.4 Einmanualige, mehrchörige Instrumente für leichte Musik 133
4.4.1 Allgemeines 133
4.4.2 Die Orgel BnT 135
4.4.3 Die Orgel BnT/L 138
4.5 Einmanualige, mehrchörige Instrumente für ernste (und leichte) Musik 139
4.6 Spinettorgeln 140
4.6.1 Allgemeines 140
4.6.2 Die Orgel CnT 142

4.6.3 Die Orgel CnT/L 142
4.7 Mehrmanualige Orgeln für ernste und leichte Musik 147
4.7.1 Allgemeines 147
4.7.2 Die Orgeln DnT und DnT/C 148
4.7.3 Die Orgel FnT 149
4.8 Orgeln mit elektronischen Tastenkontakten . . . 153
4.8.1 Die Orgel Professional 2000 153

5 Literatur 157

Sachverzeichnis 158

1 Technische und musikalische Grundlagen

1.1 Allgemeines

Die Elektronenorgel ist ein polyphon spielbares Tasteninstrument, dessen Töne auf elektrische Weise erzeugt und beeinflußt werden. Die Gehäuseausführung leitet sich von dem Spieltisch der Pfeifenorgel her. Der Spieler findet wie dort eine oder mehrere Manualklaviaturen sowie in der Regel auch eine Pedalklaviatur. Daneben dienen verschiedene Registerhebel und andere Bedienungseinrichtungen der Beeinflussung des Klangbildes. Die mit diesen in Verbindung stehenden Schaltglieder sind meist zusammen mit den Tonerzeugern in diesem Gehäuse untergebracht. Dadurch ergibt sich gegenüber der Pfeifenorgel eine kleine und

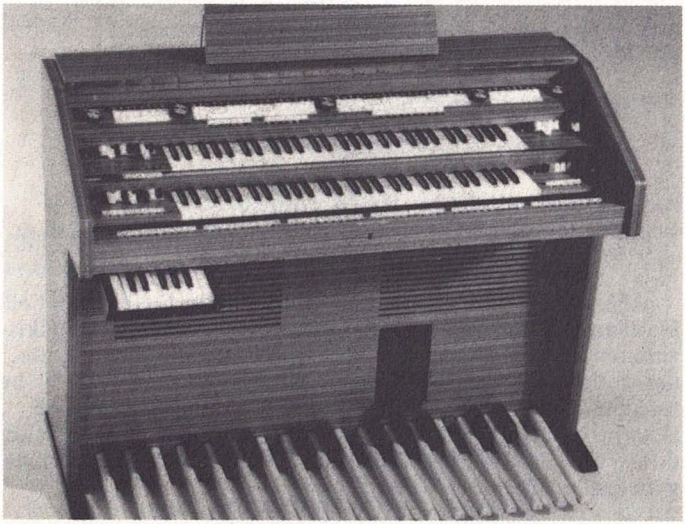


Abb. 1 Die zweimanualige Dr. Böhm-Orgel DnT mit Zugriegeln, Zusatzeffekten, elektronischem Schlagzeug und BÖHMAT (siehe hierzu auch Abb. 3)

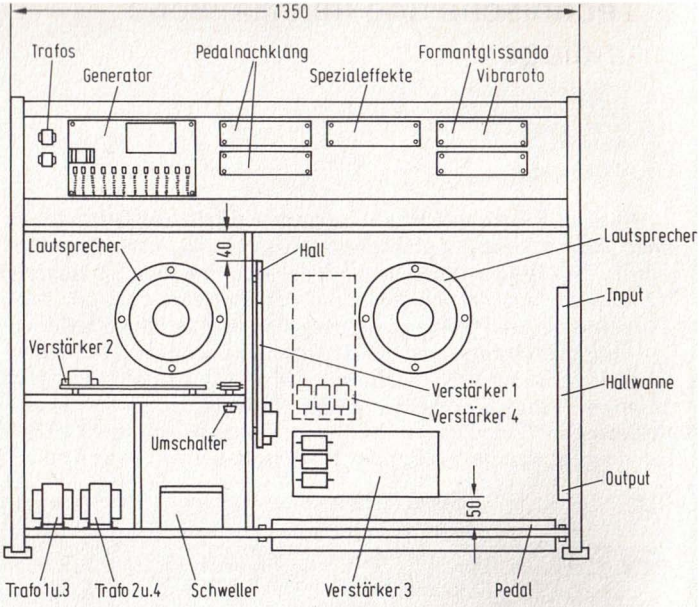


Abb. 2. Rückansicht der Orgel CnT/L

leichte Bauweise. Darüber hinaus wurde das Gehäuse dem jeweiligen Verwendungszweck entsprechend angepaßt, so daß es auch besondere Bauformen gibt.

Abb. 1 zeigt eine größere elektronische Orgel, die sich für alle Musikarten gut eignet. Man erkennt oben die beiden Manualklaviaturen, auch Manuale oder schlicht Klaviaturen genannt, und unten die Pedalklaviatur, die man in der Regel auch als Pedal bezeichnet. Über, neben und vor den Klaviaturen befinden sich Schalter und Zugriegel zum Einstellen der verschiedensten Klangfarben und Effekte. Die kleine Zusatzklaviatur für den BÖHMAT wird später näher beschrieben.

Abb. 2 zeigt einen Blick von hinten in eine ähnliche Orgel. Man erkennt die wichtigsten Bausteine, auf die weiter unten näher eingegangen wird.

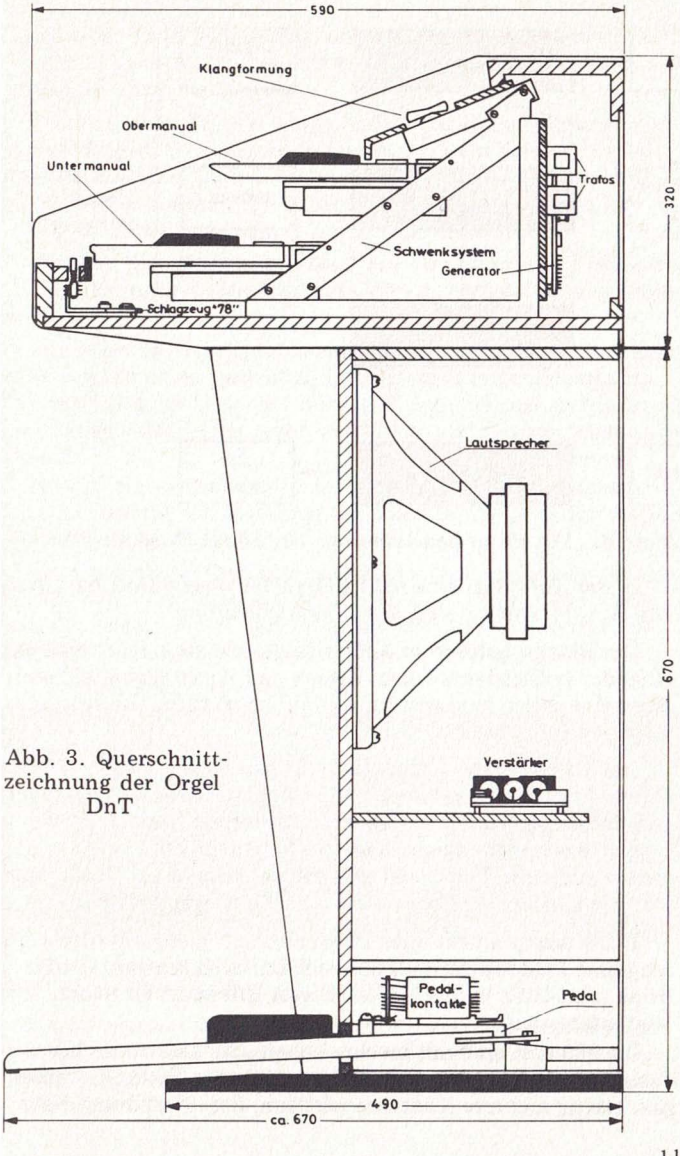


Abb. 3. Querschnittzeichnung der Orgel DnT

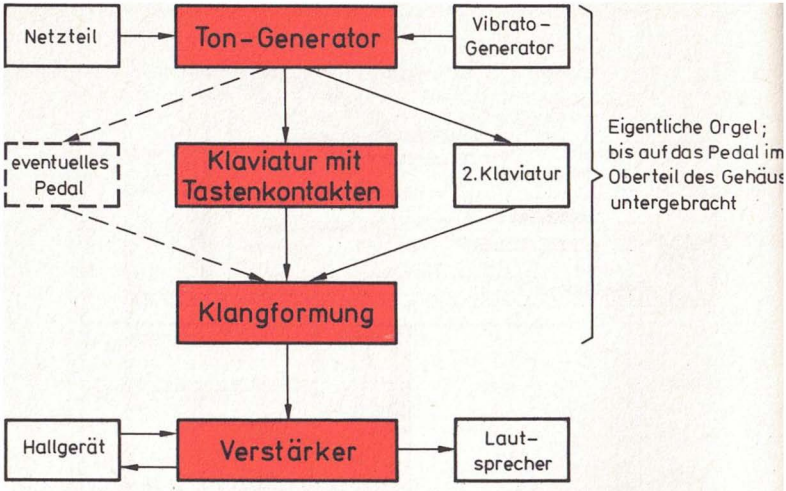


Abb. 4. Die Hauptbausteine der Dr. Böhm-Orgel CnT/L

In der *Abb. 3* ist eine solche Orgel im Querschnitt dargestellt. Die Hauptbausteine sind hier besser ersichtlich.

Das Blockschaltbild in *Abb. 4* zeigt, wie diese Bausteine miteinander verbunden werden. Zweck und Wirkungsweise dieser Bausteine sollen zunächst kurz erläutert werden. Die späteren Kapitel gehen ausführlicher darauf ein.

Der Tongenerator, meist einfach *Generator* genannt, wird vom Netzteil mit Strom versorgt und erzeugt elektrische Schwingungen, die den gewünschten Tönen entsprechen. Beim Dauertonverfahren, das in den meisten elektronischen Orgeln angewandt wird, stehen alle diese Tonsignale ständig gleichzeitig zur Verfügung. Auf das Kurztonverfahren wird später eingegangen.

Das Vibrato drückt allen im Generator erzeugten Tönen eine langsame Frequenzmodulation auf. Dadurch schwanken alle Töne periodisch in ihrer Höhe. Dieser Effekt ist für leichte Musik sehr interessant.

Die Manuale sind mit mechanischen oder elektronischen Tastenkontakten gekoppelt. Drückt man eine Taste, so werden gleichzeitig mehrere Kontakte wirksam. Somit erklingen beim

Druck einer Taste gleichzeitig mehrere Töne, die zu einer Einheit verschmelzen und dadurch erst den Wohlklang einer elektronischen Orgel ausmachen.

Die gespielten Töne gelangen weiter zur Klangformung. Hier gestatten die zahlreichen Registerschalter dem Spieler, die verschiedensten Klangfarben auszuwählen, einzustellen und miteinander zu kombinieren. Die einzelnen Tonsignale werden hier in ihrer Lautstärke und in ihrer Klangfarbe beeinflußt.

Von der Klangformung gelangt das Tonsignal zum Fußschweller. Hier kann die Lautstärke der Orgel in weiten Grenzen verändert werden.

Nun wird das Tonsignal einem Endverstärker zugeführt, der seinerseits an einen passenden Lautsprecher angeschlossen ist. Nun erst wird das Gespielte hörbar. Für mehrkanalige Wiedergabe sind übrigens zwei oder mehr Verstärker und Lautsprecher erforderlich.

An die Verstärker wird in der Regel ein Hallgerät angeschlossen. Es dient zur Verbesserung der Akustik, die ja in den meisten Räumen relativ ungünstig ist.

Transportable elektronische Orgeln werden mitunter auch so gebaut, daß Verstärker, Hallgerät und Lautsprecher sich außerhalb der eigentlichen Orgel befinden bzw. letztere an eine vorhandene Verstärkeranlage angeschlossen werden muß.

Die oben erwähnten Bausteine:

Generator mit Netzteil und Vibrato,
Klaviaturen,
Tastenkontakte,
Klangformung,
Fußschweller,
Verstärker mit Hallgerät,
Lautsprecher und
Gehäuse

bilden die Grundlage einer jeden elektronischen Orgel. Sie werden in den folgenden Kapiteln ausführlicher beschrieben.

Darüber hinaus ist eine Reihe von Zusatz- und Ergänzungseffekten entwickelt worden, die nach Bedarf in eine elektronische Orgel eingebaut werden können. Diese sollen erst später beschrieben werden.

1.2 Grundbausteine

1.2.1 Netzteil

Das Netzteil erzeugt nach Anschluß an das Lichtnetz die zum Betrieb der Orgel erforderlichen Gleichspannungen. Die Höhe der Spannungen ist bei Transistororgeln, wie sie heute fast durchweg im Gebrauch sind, relativ niedrig und somit ungefährlich.

Während bei Fabrikorgeln zweckmäßigerweise die Spannungen für sämtliche Bausteine, z.B. Generator, Zusatzeffekte, Verstärker usw., aus einem gemeinsamen Netzteil erzeugt werden, sind bei Selbstbauorgeln getrennte Netzteile für die einzelnen Baustufen günstiger. Die Stromzuführung wird übersichtlicher. Auch weiß man am Anfang selten, wie stark man das Netzteil auslegen muß, weil nicht bekannt ist, welche Zusatzeffekte später noch einzubauen sind. Selbstbauorgeln besitzen ja den Vorteil, daß man sie später nach Bedarf leicht erweitern kann.

Das hier besprochene Netzteil dient daher vorwiegend zur Stromversorgung des Tongenerators und des Vibratos. Bei Bedarf können auch Sustain, Pedalnachklang und Percustain angeschlossen werden. Der Netzstrom wird über Netzschalter und Sicherung dem Netztrafo zugeführt. Dessen Ausgangsspannung von ca. 18 Volt wird gleichgerichtet und in einer Siebkette geglättet. Die Widerstände sind so ausgelegt, daß eine Spannung von 6 Volt für die Sperrschwinger und eine Spannung von 12 Volt für die Hauptoszillatoren erhalten werden.

Abb. 5 zeigt den Schaltplan des vollständigen Netzteils. Zusätzlich ist hier ein Potentiometer 5 kΩ eingezeichnet, mit dem eine veränderliche Spannung von 0 . . . 12 V erzielt werden kann. Diese Spannung dient zur Veränderung der Gesamtstimmung der Orgel. Man kann also mit einem einzigen Knopf die ganze Orgel nach Belieben höher oder tiefer stimmen. Dies ist günstig zur Anpassung an andere Instrumente. Herkömmliche Instrumente verstimmen sich ja durch Temperatureinflüsse stärker als elektronische Orgeln. Allerdings ist ein solcher Gesamtstimmknopf nur möglich, wenn ganz bestimmte Arten von Hauptoszillatoren verwendet werden. Man vermißt daher den Gesamtstimmknopf bei vielen Fabrikorgeln.

Das hier beschriebene Netzteil besitzt keine Stabilisierung. Eine solche ist nicht erforderlich, da der im folgenden beschriebene Sägezahn-Generator unempfindlich gegen Spannungsschwan-

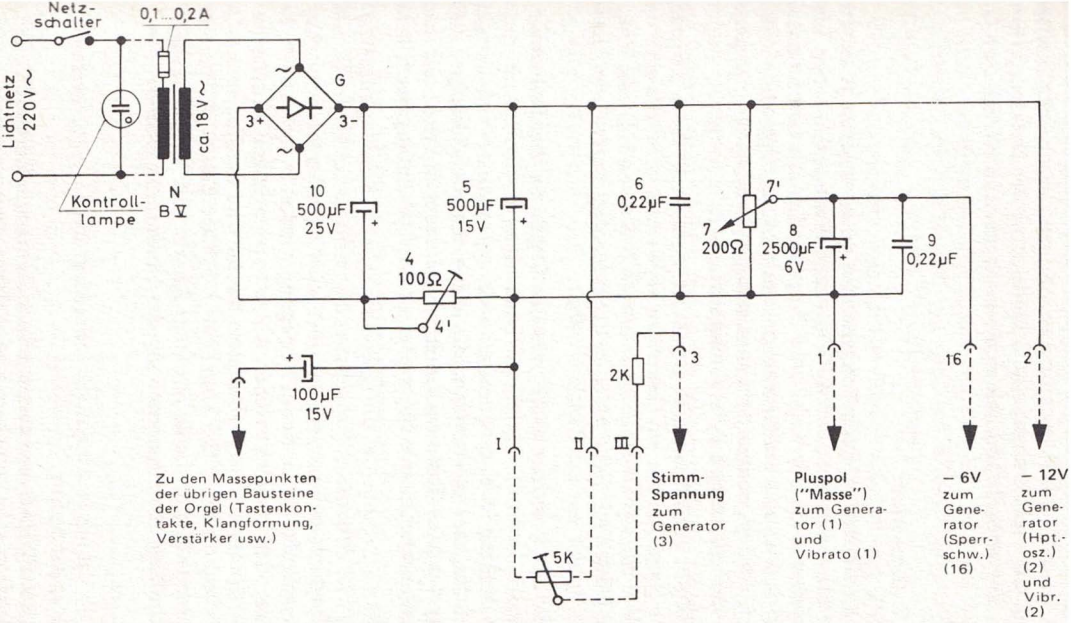


Abb. 5. Schaltplan des Netzteils

kungen ist. Verwendet man in einer Orgel jedoch andere Hauptoszillatoren oder Frequenzteiler mit integrierten Schaltkreisen, so ist dann leider meist eine Stabilisierung des Netzteils erforderlich. Dieser Aufwand hält sich jedoch meist in erträglichen Grenzen.

1.2.2 Generator

Der Generator, auch Tongenerator genannt, erzeugt elektrische Schwingungen, deren Frequenzen den musikalischen Tönen entsprechen. In der Regel wird für jeden Ton ein besonderer Generator oder eine entsprechende Vorrichtung eingebaut. Hierdurch wird gegenüber dem einstimmigen Instrument polyphones, also mehrstimmiges Spiel ermöglicht.

Es gibt auch Sparschaltungen, bei denen z.B. für je 3 benachbarte Halbtöne nur ein Generator verwendet wird, dessen Tonhöhe je nach gedrückter Taste umgeschaltet wird. Dieses Prinzip wird jedoch nur bei einfachen Instrumenten angewendet. Es sei deshalb hier nur am Rande erwähnt.

Bei hochwertigen elektronischen Orgeln hat der Generator sogar einen wesentlich größeren Tonumfang als die Klaviaturen. Erst dadurch ist es möglich, eine klangveredelnde Vielchörigkeit durch Register zu erreichen, die höher oder tiefer klingen, als es der gedrückten Taste entspricht. Der Generator reicht also nach unten und nach oben hin weiter als der Tonumfang der Klaviatur.

Man unterscheidet die *vollelektronische* Schwingungserzeugung und daneben die *mechanisch-elektronische* Methode. Letztere bedient sich rotierender oder schwingender mechanischer Bauelemente; durch deren Bewegung werden in induktiven, kapazitiven oder fotoelektrischen Abtastvorrichtungen elektrische Schwingungen erzeugt. Beispiele hierfür sind die *Hammond-Orgel* (1)[1]) und die *Wurlitzer-Orgel* (2)[2]). Erstere besitzt je Ton eine rotierende Profilscheibe mit einer Anzahl von Ausbuchtungen am Umfang, die zusammen mit der Umdrehungszahl die Fre-

---

[1]) Die Zahlen in Klammern weisen auf das Literaturverzeichnis (Kapitel 5) hin.

[2]) Beide Firmen verwenden jedoch in neuerer Zeit auch vollelektronische, synchronisierte Dauertongeneratoren.

quenz des Tones bestimmt. Vor jeder Scheibe befindet sich ein elektromagnetischer Tonabnehmer, in dem eine elektrische Schwingung von entsprechender Frequenz und Kurvenform induziert wird. Durch entsprechende Form des Scheibenprofils und Kondensatoren parallel zu den Abnahmespulen wird die Schwingung ziemlich sinusförmig gehalten. Die Klangfarben werden nach dem additiven Verfahren erzeugt.

Die mit fotoelektrischen Tonabnehmern arbeitenden Orgeln besitzen meist Scheiben aus durchsichtigem Material. Diese sind nicht am Umfang, sondern auf der Fläche mit mehreren konzentrischen Tonringen aus lichtundurchlässigem Material versehen und werden von der Seite her durchleuchtet. Die durch die gezackten Tonringe entstehenden Intensitätsschwankungen des Lichtstrahls werden in einer Fotozelle oder dergleichen in elektrische Schwingungen umgesetzt. Auch elektrostatische Generatoren sind bekannt.

Der Selbstbau von Orgeln nach dem mechanisch-elektronischen Verfahren dürfte wenig interessieren, da eine hohe mechanische Präzision erforderlich ist.

Innerhalb der vollelektronischen Schwingungserzeugung unterscheidet man zwei Gruppen von Generatoren: *Kurzton-* und *Dauertongeneratoren.* Bei einer Orgel mit Kurztongeneratoren (Blockschaltbild siehe *Abb. 6*) wird der einzelne Oszillator erst beim Niederdrücken der zugehörigen Taste in Betrieb gesetzt. Hierdurch lassen sich gewisse erwünschte Einschwingvorgänge erzielen. Das Verfahren erfordert allerdings eine hohe Tonkonstanz jedes einzelnen Oszillators, da eine Synchronisierung kaum mög-

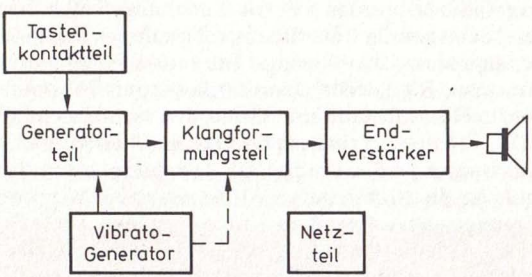


Abb. 6. Blockschaltbild einer elektronischen Orgel mit Kurztongeneratoren

lich ist. Außerdem bereitet es erhebliche Schwierigkeiten, Obertonregister und verschiedene Klaviaturen aus demselben Generatorsatz zu speisen. Hierfür muß jeder Generator ja mehrfach ausgenutzt werden. Jeder Kurztongenerator kann aber nur einmal anschwingen. Wird er das zweite Mal gebraucht, z.B. für eine andere Klaviatur oder für ein Obertonregister, so kann er nicht nochmals anschwingen. Man erhält dann oft "Tonlöcher" wie bei der im Pfeifenorgelbau verpönten Multiplexorgel. Es gibt zwar ein Verfahren, das den Generator bei Mehrfachausnutzung mit entsprechend höherer Amplitude schwingen läßt. Dies führt jedoch leicht zu einer Verstimmung. Auch ist es dann schwierig, Register mit verschiedener Klangfarbe aus dem gleichen Generator zu erzeugen. Die genannten Nachteile lassen sich auch dann nicht ganz vermeiden, wenn man eine größere Anzahl kompletter Kurzton-Generatorsätze in eine Orgel einbaut, also einen sehr hohen Aufwand treibt. Auch der hierbei erzielbare *Choreffekt* (pro Ton mehrere, fast gleich hohe, nicht phasensynchrone Einzeltöne) rechtfertigt einen solchen Aufwand kaum und könnte durch Einbau mehrerer Dauertongeneratoren mit besserem Ergebnis erzielt werden. Orgeln mit Kurztongeneratoren werden für Kirchenmusik häufig angepriesen. Auf ihre Nachteile wird jedoch zu wenig hingewiesen. Übrigens ist ein weicher Toneinsatz für viele Musikarten, insbesondere leichte Musik, ungeeignet.

Man bevorzugt heute das Dauertonverfahren. Hierbei sind alle Generatoren ständig in Betrieb. Die Auswahl der Töne wird durch die nachgeschalteten Tastenkontakte getroffen.

In der Regel werden die Generatoren zu Oktavteilerketten zusammengefaßt. So werden z.B. die Generatoren aller Töne C zu einer Kaskade vereinigt. Der höchste Ton dieser Kaskade wird von dem Hauptoszillator erzeugt. Dieser besitzt eine besonders gute Konstanz. Die jeweils darunter liegenden Töne stehen zueinander im Oktavabstand und lassen sich somit leicht synchronisieren. Das Frequenzverhältnis bei Oktaven beträgt nämlich 1:2. Jede 2. Schwingung des Hauptoszillators bildet einen Synchronisierimpuls für die nächst tiefere Stufe, die daher nur grob auf die halbe Frequenz abgestimmt zu werden braucht. Diese Stufe synchronisiert in gleicher Wiese das nächste Glied der Kette. Die gesamte Kette wird somit durch den Hauptoszillator beeinflußt und befindet sich in exakter Oktavenstimmung. Für einen kompletten Generatorsatz sind demnach nur 12 konstante Generatoren erfor-

derlich. Die übrigen können von einfacher und billiger Bauart sein. Zum Nachstimmen, zur Erzeugung des Vibratos oder zur Veränderung der Gesamtstimmung brauchen nur die Frequenzen der zwölf Hauptoszillatoren beeinflußt zu werden. Die anderen Generatoren machen diese Änderung automatisch mit. Anstelle von synchronisierten Generatoren können an den Hauptoszillator übrigens auch starre Frequenzteiler, z.B. Flip-Flops, angehängt werden.

Der Hauptoszillator wird mitunter auch als Muttergenerator bezeichnet. Dieses Wort rührt wohl daher, daß irgendwann einmal das englische Wort *Masteroscillator* falsch übersetzt wurde, und geistert seitdem immer wieder durch die Literatur.

Das Dauertonverfahren wurde vom Verfasser von Anfang an empfohlen [3]. Es hat sich in der Zwischenzeit bei fast allen anderen Fabrikaten durchgesetzt und bestens bewährt. Neben Konstanz und einfacher Stimmbarkeit bietet es auch den Vorteil, daß durch Mehrfachausnutzung der ständig schwingenden Generatoren mehrere Tastaturen und die stets qualitätssteigernden Obertonregister gespeist werden können. Man benötigt somit auch für eine größere Orgel nur einen Generatorsatz. Der Verfasser benutzt dieses elegante Verfahren ausschließlich, da es allen anderen überlegen ist, und kann es hier bestens weiterempfehlen. Es erhält auch in den folgenden Kapiteln den Vorrang.

So erhebt sich nun die Frage, welche Schwingungsform des abgegebenen Tonsignales und somit welche Generatorart für eine elektronische Orgel besonders empfehlenswert ist. Die wichtigsten Schwingungsformen sind: Sinus, Rechteck und Sägezahn. Die Kurvenformen sind in *Abb. 7* dargestellt. Sie geben den zeitlichen Verlauf der Intensitätsschwankungen wieder, die das elektronische Tonsignal hinsichtlich Spannung und Stromstärke sowie der hörbare Ton hinsichtlich seiner periodischen Luftdruckschwankung ausführen.

Die Sinusschwingung enthält praktisch keine Obertöne. Sie wird vorwiegend bei elektromechanischen Generatoren verwen-

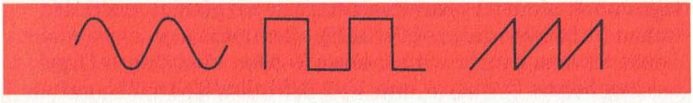


Abb. 7. Sinus-, Rechteck- und Sägezahnschwingung

det, z.B. in der Hammond-Orgel. Durch Kombination verschiedener Sinustöne (additive Klangformung, Kapitel 1.6.5) lassen sich zwar alle möglichen interessanten Orgelklangfarben bilden, die sich auch vielfacher Beliebtheit erfreuen, insbesondere bei leichter Musik, jedoch keine ausgesprochenen Instrumentalklangfarben. Hierzu wären nämlich mehr Obertöne erforderlich, als man bei vertretbarem Aufwand erzeugen und zusammenfügen kann. Obertonreiche Register und typische Instrumentalklangfarben sind jedoch für eine elektronische Orgel unbedingt erforderlich.

Als zweites sei die Rechteckschwingung betrachtet. Sie enthält zahlreiche Obertöne, jedoch von den natürlichen Obertönen jeweils nur jeden zweiten. Der Klang der Rechteckschwingung besitzt eine unnatürlich hohle Färbung. Er tritt bei herkömmlichen Instrumenten nur relativ selten auf, z.B. bei der Klarinette und bei den gedackten Orgelregistern. Fast alle anderen herkömmlichen Musikinstrumente leiten sich jedoch von der Sägezahnschwingung ab. Diese enthält sämtliche Obertöne und besitzt daher eine besonders natürliche Klangfarbe.

Viele Industrieorgeln enthalten trotz der erwähnten klanglichen Nachteile Frequenzteiler, die nur Rechteckschwingungen abgeben. Der Grund liegt darin, daß sich diese durch Flip-Flops relativ einfach und billig erzeugen lassen. Den Nachteil, daß jeder zweite Oberton fehlt, umgeht man bis zu einem gewissen Grade dadurch, daß man in der Klangformung die Oktave mit halber Amplitude, die darüberliegende Oktave mit nochmals halbierter Amplitude usw. zufügt. Man erhält dadurch eine Treppenspannung, die eine starke Annäherung an die Sägezahnschwingung darstellt und auch ganz ähnlich klingt.

Nach dem heutigen Stand der Technik ist diese Methode jedoch nur dann rationell, also mit vertretbarem Aufwand durchführbar, wenn man diese Addition hinter den Tastenkontakten **durchführt. Damit werden aber auch sogleich die Probleme dieses Verfahrens offenbar. Während das Zufügen der Oktave und der Superoktave (also z.B. des 4' und 2' zum 8') bei den tieferen Fußlagen** noch ohne weiteres durchführbar ist, gelingt es bei den hohen Fußlagen nur unvollständig oder überhaupt nicht mehr. Somit ist man dann auch bei einer 8- oder 10-chörigen Orgel bei den hohen Fußlagen, wie 1', 1 3/5', 1 1/3', 16/27', auf die Rechteckschwingung allein angewiesen, weil man keine höheren

Fußlagen zur Verfügung hat, die man hinzufügen könnte. Während dies im rechten Klaviaturbereich noch vertretbar ist, ist die Klangkrone im mittleren und linken Klaviaturbereich insbesondere für klassische Musik nicht sehr gut, weil sie nur aus der hier deutlich hörbaren Rechteckschwingung besteht. Abhilfe bringen zusätzliche Fußlagen wie 2/3', 1/2', 1/3', 1/4' usw.

Den besten Klang besitzen anerkannterweise Orgeln, bei denen schon im Generator eine Sägezahnschwingung oder eine gleichwertige andere Schwingungsform erzeugt und den Tastenkontakten zugeführt wird.

1.2.3 Sägezahn-Generatoren

Die Sägezahnschwingung enthält, wie erwähnt, sämtliche Obertöne und klingt daher besonders natürlich. Sie eignet sich am Besten zur Nachbildung der verschiedensten Instrumentalklangfarben und Orgelregister, weil sie den Vorteil bietet, daß man durch Filterung und andere einfache Maßnahmen sämtliche anderen Schwingungsformen leicht erzeugen kann. So ist es z.B. in der Klangformung ohne weiteres möglich, eine Rechteckschwingung zu bilden. Man braucht diese ohnhin nur bei wenigen, typischen Instrumentalregistern (s. Kapitel 1.6.5). Auch alle übrigen Klangfarben bis zur Sinusschwingung hin kann man aus der Sägezahnschwingung bilden, indem man diese mehr oder weniger von ihrem Obertongehalt befreit. Dies geschieht, wie weiter unten beschrieben, durch relativ einfache Maßnahmen. Der Sägezahngenerator ist somit besonders empfehlenswert. Mit ihm lassen sich elektronische Orgeln bauen, deren Klangschönheit und Vielseitigkeit unübertroffen sind.

In *Abb. 8* ist das Schema eines Generators mit einem Umfang von 8 Oktaven dargestellt. Da jede Oktave der Tonleiter aus 12 Halbtönen besteht, sind 12 Kaskaden mit je 8 Tönen vorhanden, die Oktavabstand zueinander haben. Der stark umrandete höchste Ton ist der Hauptoszillator, der die übrigen Einzelgeneratoren jeder Kaskade synchronisiert.

Mit einem 8-Oktaven-Sägezahngenerator lassen sich elektronische Orgeln von höchster Qualität bauen. Auch 6-Oktaven-Generatoren (C...h^4) sind noch überdurchschnittlich gut, wenn die Frequenzteiler Sägezahnschwingungen liefern. Rechteckgeneratoren mit 6-Oktaven-Umfang sind nicht mehr empfehlenswert.

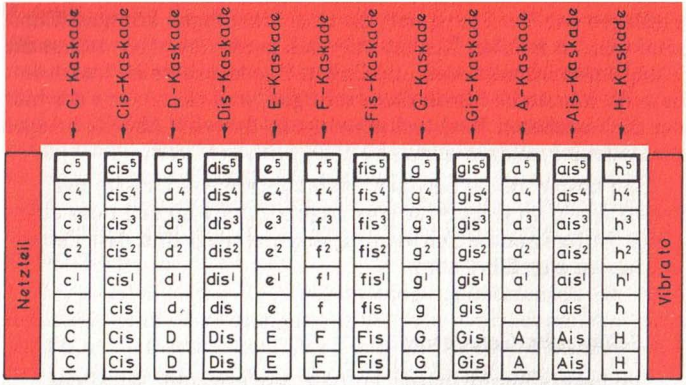


Abb. 8. Schema eines Generators mit 8 Oktaven Tonumfang

Abb. 9 zeigt den Schaltplan einer Kaskade. Außer dem Hauptoszillator sind nur zwei Frequenzteiler gezeichnet. Sie werden aus Sperrschwingern gebildet. Die übrigen Teilerstufen sind analog geschaltet. Hier werden die Koppelkondensatoren K3...K7 zu tiefen Tönen hin kleiner, die frequenzbestimmenden Kondensatoren C 27 größer. Die frequenzbestimmenden Hauptoszillator-Kondensatoren C 1 und C 2 sind mit aufgedruckter Tonhöhe passend zu dieser Schaltung erhältlich [4].

1.2.4 Sägezahn-Rechteck-Generatoren

Der Verfasser verwendet seit 1974 für seine Orgeln neue Generatoren, deren Ausgänge mit einer einfachen Drucktaste von Sägezahn auf Rechteck umschaltbar sind. So wird das Problem: Sägezahn- *oder* Rechteck-Generator optimal gelöst. Gleichzeitig erhält man praktisch eine Verdoppelung der Zahl möglicher Klangfarben bei rascherer Wechselmöglichkeit.

Bisher waren Sägezahn-Generatoren optimal, weil aus ihnen jede andere Schwingungsform einwandfrei gebildet werden kann (mit Rechteck-Signalen an den Tastenkontakten sind z.B. Sägezahnschwingungen auf allen Fußlagen unmöglich realisierbar), und weil man mit einem Sägezahn-Generator auch Rechteck-, Sägezahn- und Sinus-Klangfarben gleichzeitig spielen kann.

Viele Musikstücke erfordern einen raschen Klangwechsel, lassen aber zum Umregistrieren meist wenig Zeit. Daher ist

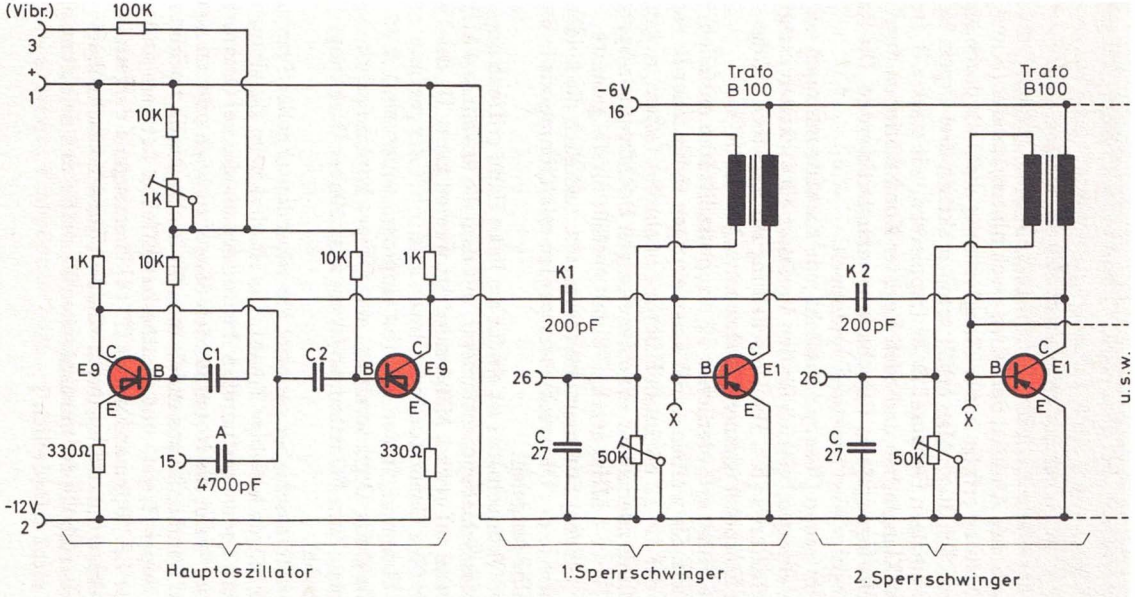


Abb. 9. Schaltplan einer Generatorkaskade mit Sägezahn-Frequenzteilern ohne Verwendung von IC's. Die übrigen Sperrschwingen sind analog geschaltet

es sehr wertvoll, bei dem neuen Generator mit einem einzigen Knopfdruck echte Kontrastklangfarben einstellen zu können.

Der neue Generator ermöglicht also nicht nur gleichzeitiges Spiel der drei wichtigsten Schwingungsformen, sondern auch ein einfaches Abrufen derselben rasch hintereinander (Sinus-Umschaltung erfolgt in der Klangformung ebenfalls durch einen einzigen Schalter). Man erhält somit praktisch drei Orgeln in einem einzigen Gehäuse! Es ist frappierend, wie stark z.B. Instrumental-Klangfarben und auch Register-Kombinationen durch die Schwingungsform-Umschaltung verändert werden. Die Zahl der Register wird praktisch verdoppelt.

Beim neuen Generator besteht jede Kaskade nur noch aus einem einzigen, speziell für den Verfasser entwickelten integrierten Schaltkreis (IC). Die Umschaltung auf Rechteck erfolgt durch Einspeisung einer Gleichspannung in die IC's.

Die bisher erforderlichen 12 Hauptoszillatoren entfallen ebenfalls. Sie werden durch einen einzigen Hauptteiler-IC ersetzt, der die 12 höchsten Halbtöne in absolut festem, richtigen Verhältnis zueinander aus einer einzigen Hochfrequenz-Spannung (etwa 4 MHz) erzeugt. Somit entfällt für die gesamte Orgel jegliches Stimmen und Intonieren. Lediglich die beiden Endpunkte des Oktavschiebers werden mit Trimmpotis in der Tonhöhe festgelegt.

Der Oktavschieber ist ein für die linke Hand griffnah angeordnetes Schiebepotentiometer, mit dem die erwähnte 4 MHz-Frequenz auf etwa 2 MHz erniedrigt werden kann. Da das Verhältnis aller Generator-Frequenzen und somit die gesamte Orgel-Stimmung in den IC's fest einprogrammiert sind, läßt sich die ganze Orgel somit um eine Oktave kontinuierlich verstimmen. Zum Feinstimmen ist ein zusätzlicher Drehknopf vorhanden.

Der Oktavschieber gestattet ein sekundenschnelles Transponieren in jede beliebige Tonart. Das ist ideal beim Zusammenspiel mit anders gestimmten Instrumenten oder bei Gesangsbegleitung, wenn die Noten für den Sänger zu hoch oder zu niedrig liegen. Darüber hinaus erzielt man für leichte Musik hochinteressante Super-Hawaii- und Synthesizer-Effekte. Letztere sind z.B. auf der LP "Böhmat-Express II" [4] überzeugend dargestellt. Sie werden unterstützt durch eine auf Wunsch zuschaltbare Frequenztabelle der musikalischen Töne (für den Selbstbau einer Orgel nicht erforderlich!)

Note	Frequenz [Hz]	Note	Frequenz [Hz]	Note	Frequenz [Hz]
A	27,5	g	196,0	f^3	1396,8
Ais	29,1	gis	207,7	fis^3	1480,0
H	30,9	a	220,0	g^3	1568,0
C	32,7	ais	233,1	gis^3	1661,4
Cis	34,7	h	246,9	a^3	1760,0
D	36,7	c^1	261,6	ais^3	1864,8
Dis	38,9	cis^1	277,2	h^3	1975,6
E	41,2	d^1	293,7	c^4	2093,0
F	43,7	dis^1	311,2	cis^4	2217,6
Fis	46,3	e^1	329,7	d^4	2349,6
G	49,0	f^1	349,2	dis^4	2489,2
Gis	51,9	fis^1	370,0	c^4	2637,2
A	55,0	g^1	392,0	f^4	2793,6
Ais	58,3	gis^1	415,4	fis^4	2960,0
H	61,7	a^1	440,0	g^4	3136,0
C	65,4	ais^1	466,2	gis^4	3322,8
Cis	69,3	h^1	493,9	a^4	3520,0
D	73,4	c^2	523,3	ais^4	3729,6
Dis	77,8	cis^2	554,4	h^4	3951,2
E	82,4	d^2	587,4	c^5	4186,0
F	87,3	dis^2	622,3	cis^5	4435,2
Fis	92,5	e^2	659,3	d^5	4699,2
G	98,0	f^2	698,4	dis^5	4978,4
Gis	103,8	fis^2	740,0	e^5	5274,9
A	110,0	g^2	784,0	f^5	5587,2
Ais	116,6	gis^2	830,7	fis^5	5920,0
H	122,5	a^2	880,0	g^5	6272,0
c	130,8	ais^2	932,4	gis^5	6645,6
cis	138,6	h^2	987,8	a^5	7040,0
d	146,9	c^3	1046,5	ais^5	7459,2
dis	155,6	cis^3	1108,8	h^5	7902,4
e	164,8	d^3	1174,8	c^6	8372,0
f	174,6	dis^3	1244,6		
fis	185,0	e^3	1318,6		

a^1 = 440 Hz ist der sogenannte „Kammerton a". c^1 ist das mittlere c der Klaviertastatur, welches meist in der Nähe des Schlosses für den Klappdeckel liegt.

Automatik-Steuerung, die auf Tastendruck anspricht und automatische Tonhöhenänderungen erzeugt. Störstrahlungen werden übrigens durch ein Abschirmgehäuse für den 4 MHz-Generator und den Hauptteiler sowie Durchführungskondensatoren sicher vermieden. — Der neue Generator ist das Optimum des heute Erreichbaren. Der Aufbau ist durch eine spezielle Druckschaltung und Steckfassungen für die IC's leicht durchführbar. Näheres siehe Kapitel 3.3.

1.3 Vibrato

Das Vibrato dient zur Belebung des Klangbildes, insbesondere bei leichter Musik. Es ist, bei passenden Musikstücken angewandt, von außerordentlich schöner Klangwirkung und fehlt daher bei fast keiner elektronischen Orgel.

Das normale Vibrato ist ein Frequenzvibrato. Es bringt den besten Effekt und läßt sich am leichtesten erzeugen. Daher wird es meist in erster Linie verwendet und sei auch hier an erster Stelle empfohlen. Die Wirkungsweise läßt sich, wie folgt, leicht erklären:

Der Vibrato-Generator erzeugt eine Schwingung von wenigen Hertz. Diese Schwingung wird meist in der Frequenz und in der Amplitude variabel gemacht, so daß man Stärke und Schnelligkeit des Vibratos verändern kann. Bei den Orgeln des Verfassers geschieht dies stufenlos. Die Vibratospannung wird dem Generator zugeleitet (Anschluß 3, Abb. 9 und 10). Man drückt den Hauptoszillatoren somit eine langsame Frequenzmodulation auf und erzielt daher ein Frequenzvibrato für alle Töne. Deren Höhe pendelt daher ständig um ihren normalen Wert.

Bei den Dr. Böhm-Orgeln schließt der Vibrato-Bausatz darüber hinaus weitere effektvolle Möglichkeiten ein, die nicht allgemein üblich sind: *Kathedraleffekt*, *Vibramat* und *Magisches Vibrato*.

Schaltet man den *Vibramat* ein und besitzt die Orgel Spezialeffekte, so schwingt das Vibrato automatisch verzögert und weich erst dann an, wenn eine Taste gedrückt wurde. Kurze Töne erklingen dann ohne Vibrato, lange zunächst ohne und danach mit Vibrato. Dies ist ja auch bei Gesang und bei vielen Musikinstrumenten oft von besonders schöner Klangwirkung.

Das Vibrato ist mit dem unten beschriebenen Amplituden-Vibrato (Tremolo) synchronisiert. So stellen sie außerdem bei gemeinsamer Benutzung eine klangliche Einheit dar und schwingen durch den Vibramat auch gemeinsam auf Tastendruck ein. Außerdem kann man dadurch die Percussion ohne Vibrato spielen, während dieses erst nach Abklingen des Zupfeffektes auf den Begleitstimmen und -akkorden einsetzt. Das ist besonders klangschön und wird von Spitzenmusikern meist gefordert.

Außerdem läßt sich das Vibrato durch Kippen des Fußschwellers nach rechts ein- und ausschalten. Man nennt diese Möglichkeit *magisches Vibrato.* Auch dies ist eine empfehlenswerte Bereicherung.

Als weiterer Zusatz ist der *Kathedraleffekt* enthalten. Durch ihn wird der Klang der Orgel beim Spiel ernster Musik noch pfeifenorgelähnlicher. Man kann ihn mit einem Schalter einschalten. Er erzeugt dann sehr langsame Schwebungen von stufenlos veränderlicher Stärke, so daß sich mit einem stark eingestellten Nachhall ein guter Choreffekt ergibt.

Abb. 10 zeigt den Schaltplan von Vibrato mit Vibramat und Kathedraleffekt. Die Schwingungen werden durch Phasenschieber-Generatoren mit den Transistoren T 1 und T 4 erzeugt. Stärke und Schnelligkeit der Vibratoschwingung können durch normale Drehknöpfe oder Zugriegel stufenlos verändert werden. Am Ausgang liegt eine Impedanzwandlerstufe mit dem Transistor T 5.

Eine weitere Vibratoart ist das Amplitudenvibrato oder Tremolo. Es stellt eine periodische Lautstärkenschwankung des Tonsignals dar und wird meist in der Klangformung oder in den Spezialeffekten gebildet. Es kann daher im Gegensatz zum Frequenzvibrato bei Bedarf auch auf ein Manual allein geschaltet werden, wie es für ernste Musik mitunter erwünscht ist. Unbedingt erforderlich ist dies jedoch nicht; auch ist das Tremolo nicht so klangschön wie das normale Vibrato.

Auch die beiden nächsten Vibratoarten können auf Wunsch auf ein Manual allein geschaltet werden. Beim Phasenvibrato wird das Tonfrequenzgemisch einer Phasenmodulation unterworfen. Die Phasendrehung wird durch den Vibratogenerator rhythmisch gesteuert. Dadurch entstehen ähnlich wie beim Dopplereffekt Frequenzverschiebungen und somit ein ähnlicher Effekt wie beim Frequenzvibrato.

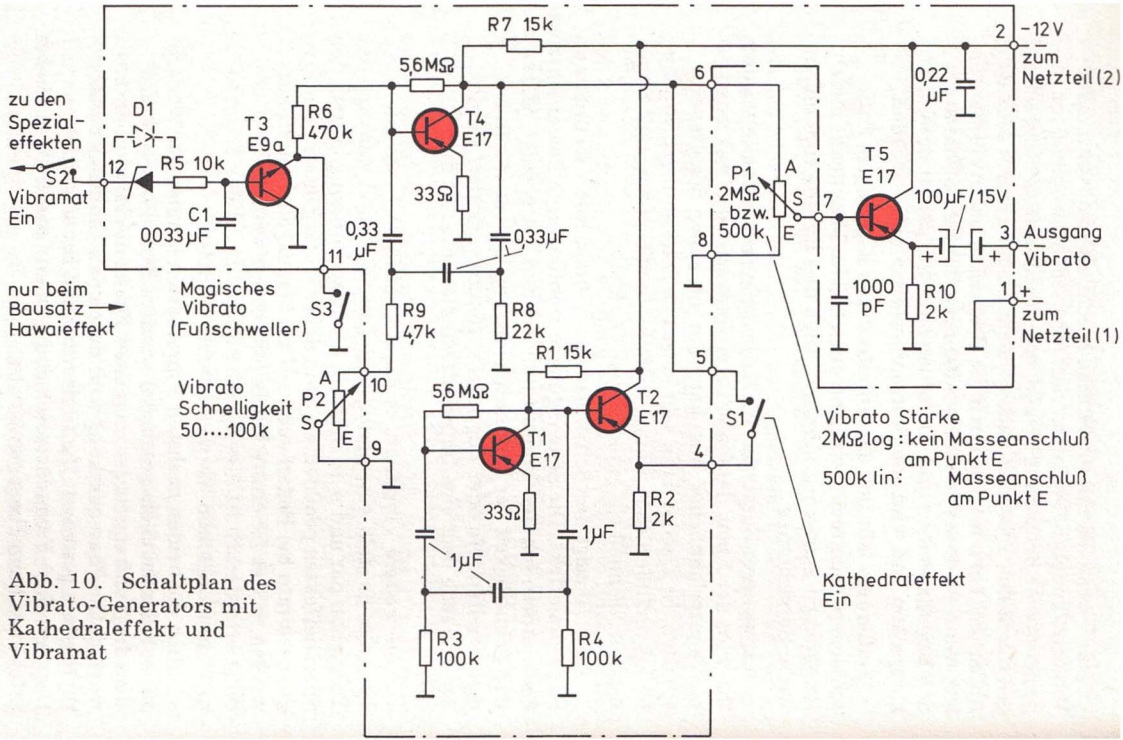


Abb. 10. Schaltplan des Vibrato-Generators mit Kathedraleffekt und Vibramat

Sehr interessant ist der vom Verfasser entwickelte Phasing-Rotor. Er ahmt den Effekt rotierender Lautsprecher täuschend ähnlich nach und ermöglicht darüber hinaus, jedes Einzelregister zu vervielfachen, wodurch Ensemble-ähnliche, volle Klänge entstehen. Auch kann ein Space-Effekt, Fading genannt, erzeugt werden. Dieser Phasing-Rotor stellt eine Mischung verschiedener Vibrato-Arten dar, ist preiswert und von vorzüglicher Klangwirkung. Näheres folgt im Kapitel 2.7.

1.4 Klaviaturen

1.4.1 Allgemeines

Elektronische Orgeln haben in der Regel mehrere Manualklaviaturen, auch Manuale oder seltener Tastaturen genannt, und eine Pedalklaviatur, meist als Pedal oder Fußpedal bezeichnet. Spricht man schlicht von Klaviaturen, so sind in der Regel die Manuale gemeint, also die mit den Händen gespielten Tastaturen.

Der Grund dafür, daß man in elektronischen Orgeln häufig mehrere Manuale vorsieht, liegt darin, daß man für jedes Manual verschiedene Register einbaut und somit auf den einzelnen Manualen verschiedene Klangfarben zur Verfügung hat. Dies bringt Vorteile. Erstens ist man dann in der Lage, die Klangfarbe während des Spiels durch Benutzung des anderen Manuals leicht und rasch zu wechseln, was bei vielen Musikstücken wünschenswert ist. Zweitens erlaubt diese Anordnung, mit beiden Händen auf verschiedenen Manualen, also mit verschiedener Klangfarbe zu spielen. Man kann also z.B. die Melodie mit der rechten Hand in einer anderen Klangfarbe als die Begleitung der linken Hand spielen. Dies ist in der Regel besonders klangschön.

In analoger Weise bietet das Pedal durch eigene Register eine dritte Klangfarbenmöglichkeit. Hiervon macht man in der ernsten Musik beim sogenannten Triospiel Gebrauch. Auch für leichte Musik ist die dann meist ziemlich dunkel eingestellte, besondere Klangfarbe des Pedals vorteilhaft. Letzteres erleichtert auf jeden Fall das Spiel und erweitert die Möglichkeiten. Bei manchen Musikarten kann man jedoch auch auf ein Pedal verzichten.

1.4.2 Manuale

Die Manuale der elektronischen Orgeln haben den gleichen Tastenabstand, wie vom Klavier und von der Pfeifenorgel her bekannt. Die Zahl der Tasten ist jedoch geringer als beim Klavier. Wie bei der Pfeifenorgel geht man in der Regel nicht über fünf Oktaven hinaus. Dies wäre auch nicht erforderlich, weil der trotzdem große Tonumfang einer elektronischen Orgel durch die verschiedenen Fußlagen erzielt wird, also durch Register, die tiefer oder höher klingen, als es der gedrückten Taste entspricht.

Elektronische Orgeln besitzen in der Regel Tasten aus Kunststoff, die auf einem Metallrahmen montiert sind. Bei vielen Fabrikaten ist der Rahmen nur so lang wie die Klaviatur, reicht also von der höchsten bis zur tiefsten Taste. Da das Gehäuse der Orgel breiter als die Klaviatur lang ist und die Klaviatur sich auch bei starkem Anschlag nicht durchbiegen soll, müssen diese Klaviaturrahmen durch genügend lange und stabile Unterlagen zusätzlich verstärkt werden. **Der Verfasser bevorzugt freitragende Spezialklaviaturen mit Stahlrahmen, deren Länge der Breite des Gehäuses entspricht. Dadurch wird die Montage vereinfacht. Die Klaviaturen werden direkt an einem Schwenksystem befestigt und lassen sich wie die Klangformung hochklappen, so daß alle Teile leicht zugänglich sind.**

Die Tasten stellen entweder einen zweiarmigen oder einen einarmigen Hebel dar. Bei der einarmigen Ausführung ist also der Drehpunkt hinten. Dies ermöglicht kompaktere Ausführungen. Die Kontakte sind hier unter den Tasten angebracht.

Die Tastaturen können an ihrem Drehpunkt mittels beweglicher, federnder Metallstücke aufgehängt werden. Bei sorgfältiger Konstruktion führt dies zu völlig verschleißfreien Klaviaturen, die auch beim raschen Spiel keine störenden Eigengeräusche abgeben können und kaum seitliches Spiel haben. *Abb. 11* zeigt eine solche Ausführung. Gebräuchlich sind auch Gleitlager aus Stahl und Messing oder besser aus Stahl und einem speziellen Kunststoff. Die mit Kunststoff sind besonders wartungsfrei. Früher pries man vereinzelt auch Messingrollenlager an. Dabei handelt es sich jedoch nicht um ein Rollenlager, sondern um ein einfaches Gleitlager, bei dem der äußere Teil an der Taste befestigt ist und lediglich die Form einer

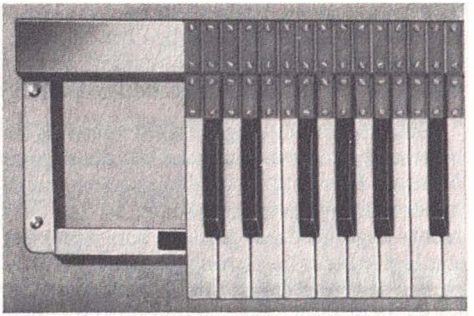


Abb. 11. Teil einer Manualklaviatur

großen, zylindrischen Messingrolle besitzt. Der innere, feststehende Teil besteht wie bei allen Klaviaturen mit Gleitlagern aus einer durchgehenden, dünnen Stahlstange, die zwischen den Tasten mehrfach abgestützt ist.

Manuale aus Holz sind für elektronische Orgeln nicht empfehlenswert. Sie können sich zu leicht verziehen und damit ihren Abstand zu den Tastenkontakten verändern. In früheren Zeiten wurden für den Selbstbau elektronischer Orgeln hin und wieder Holzklaviaturen aus alten Klavieren verwendet. Heute lohnt sich dies nicht mehr. Geeignete Spezialklaviaturen, zu denen auch die Tastenkontakte genau passen, sind in bester Qualität und in den verschiedensten Größen preiswert im Handel erhältlich [4].

Der Tiefgang der Manualtasten, am vorderen Ende gemessen, beträgt normalerweise 9 . . . 10 mm, in seltenen Fällen auch nur 8 mm. Der Gegendruck, den die Tasten ausüben, soll etwa 70 bis 90 g betragen und kann innerhalb dieser Grenzen persönlichen Wünschen angepaßt werden. Wird die Orgel vorwiegend für leichte Musik gebraucht, so kann auch der Tastendruck relativ leicht sein. Organisten, die auch auf Pfeifenorgeln spielen, bevorzugen mitunter auch größere Tastendrucke, z.B. 100 oder 120 g, weil auch Pfeifenorgeln häufig leider so schwergängige Tasten haben. Grundsätzlich gilt, daß sich der Gegendruck der Tasten beim Niederdrücken nur unwesentlich erhöhen soll. Solche Klaviaturen sind dann von besonders angenehmer Spielbarkeit. Man erreicht dies durch entsprechende Vorspannung der Rückstellfedern und durch leichtgängige Kontakte.

Die Manuale können je nach Verwendungszweck der Orgel verschieden viele Tasten haben. Einmanualige Orgeln sollten

mindestens einen Umfang von 4 1/2 Oktaven besitzen. Das gleiche gilt für mehrmanualige Instrumente, die ausschließlich oder u.a. für ernste Musik bestimmt sind. Hierfür wählt man also ebenfalls 4 1/2 oder besser 5 Oktaven.

Sind mehrmanualige Orgeln überwiegend für leichte Musik bestimmt, so bevorzugt man oft die sogenannte Spinettausführung. Hier sind zwei Manuale von meist 3 1/2 Oktaven vorhanden und versetzt eingebaut, so daß das Obermanual weiter rechts liegt. Es dient ja meist zum Spiel der rechten Hand und somit der Melodieführung. Daher ist es günstig, wenn es weiter rechts liegt und somit in höhere Tonlagen hinaufreicht. Ganz einfache Spinettorgeln haben mitunter nur drei Oktaven pro Manual. Bei sehr hochwertigen Ausführungen geht man bis auf vier Oktaven.

Abb. 12 zeigt, wie weit die einzelnen Klaviaturen reichen, und die „Namen" der Tasten; im Baßbereich große Buchstaben, danach folgen kleine Buchstaben, dann solche mit einer Zusatzzahl. Durch diese Schreibweise wird die jeweilige Oktavlage genau bezeichnet. Abweichend von dieser Abbildung beginnen die Klaviaturen der Spinettorgeln bei manchen Fabrikaten etwas höher, z.B. bei F. Dies kann bei einfachen Instrumenten zweckmäßig sein, die wenig Obertonregister enthalten, so daß man hier die hohen Töne von der Klaviatur her etwas bevorzugt.

Abb. 13 zeigt den Querschnitt durch eine Klaviatur, wie sie der Verfasser mit bestem Erfolg seit vielen Jahren verwendet. Unter den Tasten sind die Kontakte angebracht. Darauf wird im nächsten Kapitel näher eingegangen.

Elektronische Orgeln haben meist zwei Manuale. Instrumente der Spitzenklasse werden mitunter auch dreimanualig ausgelegt. Die Zahl der Manuale ist nach oben zwar theoretisch nicht begrenzt, in der Praxis aber dadurch, wieweit der Spieler noch greifen kann und wie große Instrumente man in dem jeweiligen Raum noch aufstellen will. Der Verfasser hatte schon vor vielen Jahren die erste dreimanualige Elektronenorgel Europas gebaut, **der in letzter Zeit die erste viermanualige Orgel folgte. Die in *Abb. 14* gezeigte einschiebbare BÖHMAT-Zusatzklaviatur, die auch im Untermanual integriert sein kann, gestattet mit nur einem Finger das Spiel der kompletten Begleitung: rhythmische Akkorde und Bässe, Baßläufe, Arpeggios, Schlagzeug usw.**

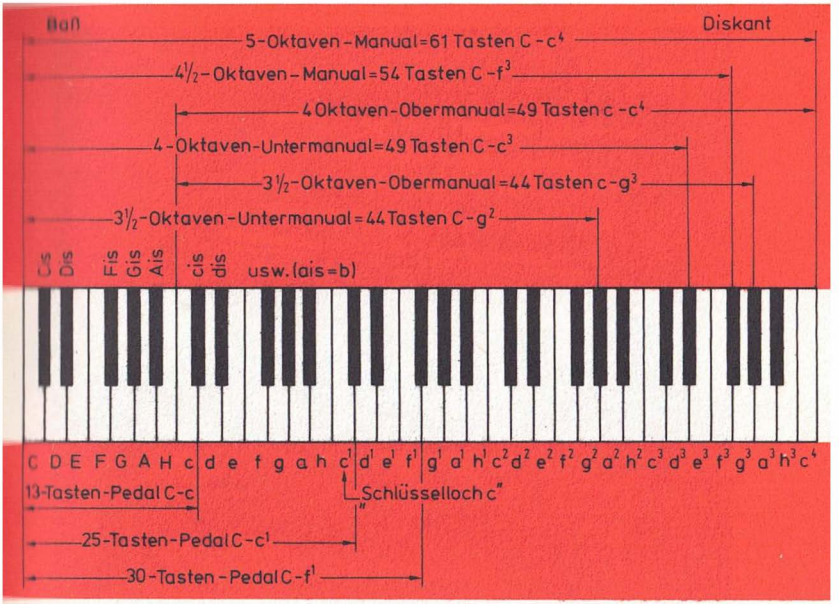


Abb. 12. Der Umfang verschiedener Manuale und Pedale

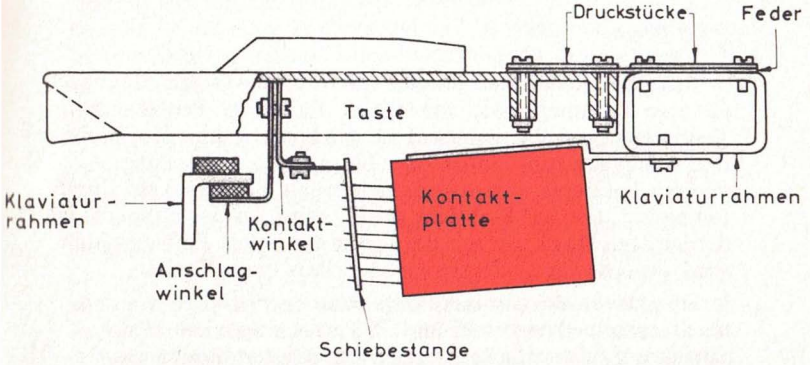


Abb. 13. Querschnitt durch eine Manualklaviatur mit Stahlrahmen. Die Seitenwand der Taste ist aufgeschnitten gezeichnet.

Abb. 14. Die viermanualige Dr. Böhm-Orgel GnT

1.4.3 Pedale

Am gebräuchlichsten sind für elektronische Orgeln die sogenannten Stummelpedale, wie in *Abb. 15* gezeigt. Pedale mit 13 Tasten eignen sich vorwiegend für das Spiel leichter Musik. Sie sind wahlweise zum Einbau oder für separate Aufstellung bestimmt. Letzteres wird erforderlich, wenn die Orgel kein Unterteil besitzt, also auf Stahlfüße gestellt wird. Da das Fußpedal bei der leichten Musik nur mit der Spitze des linken Fußes gespielt wird, genügen für 13-Tasten-Pedale relativ kurze Tasten.

Für größere elektronische Orgeln hat der Verfasser vor Jahren Stummelpedale mit 25 und 30 Tasten entwickelt. Solche Ausführungen werden heute auch von anderen Firmen verwendet. Da die Ganztontasten 40 cm lang sind, läßt sich auf solchen **Pedalen auch ernste Musik spielen. Günstig sind bei diesen**

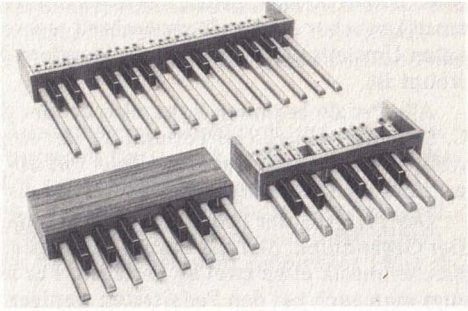


Abb. 15. Stummelpedale

Pedalen die relativ geringen Abmessungen, so daß sich damit ausgerüstete elektronische Orgeln auch in kleineren Wohnräumen noch gut aufstellen lassen.

Abb. 14 zeigt ein Standard-Kirchenorgelpedal mit 30 Tasten. Dessen Drehpunkt liegt, im Gegensatz zu den Stummelpedalen, zum Rücken des Spielers hin. Da Ausführung und Fabrikat die gleichen sind wie bei Pfeifenorgeln, werden solche Pedale von versierten Kirchenorganisten bevorzugt. Man findet sie nicht nur bei elektronischen Kirchenorgeln, sondern auch für Hausmusik, wenn besondere Ansprüche gestellt werden. Da die Fußhaltung beim Spiel ein wenig anders ist als beim Stummelpedal, braucht sich der Organist nicht umzustellen, wenn er z.B. in der Kirche auf einer Pfeifenorgel und zu Hause auf einer elektronischen Orgel musiziert. Auch ist das Standardkirchenorgelpedal für ganz virtuoses Spiel noch besser geeignet als das große Stummelpedal.

Die deutschen Organisten bevorzugen in der Regel Standard-Kirchenorgelpedale mit parallelen Tasten, jedoch *doppelt geschweift.* Letzteres bedeutet, daß die linken und rechten Tasten höher liegen als die mittleren, daß sie außerdem beim Niederdrücken nicht senkrecht, sondern schräg nach der Seite beweglich sind und ferner daß die linken und rechten Halbtontasten länger sind als die mittleren. Hier kann auch ein Strahlenpedal eingesetzt werden, das vorn die gleichen Abmessungen wie das Standard-Kirchenorgelpedal besitzt und nur nach hinten leicht strahlenförmig zusammenläuft. Der weggelassene Seitenrahmen und die niedrigere Bauform machen dieses Pedal besonders ele-

gant. Dieses Strahlenpedal, das nicht mit den Strahlenpedalen amerikanischer Herkunft verwechselt werden darf, erfordert keine Umstellung, wenn man ein Standard-Kirchenorgelpedal gewohnt ist.

Alle Pedale beginnen links, also bei der tiefsten Taste, mit C. Der unterschiedliche Tonumfang der einzelnen Pedale ist in Abb. 12 dargestellt. Bei einer Orgel mit 30-Tasten-Pedal soll die mittlere cis-Taste unter der Manualtaste cis^1 liegen.

Der Tiefgang der Pedaltasten beträgt maximal etwa 2 cm. Der Gegendruck, den die Tasten beim Spiel ausüben, sollte für Kirchenmusik etwa zwei kg betragen. Für leichte Musik bevorzugt man auch bei den Pedaltasten weniger Gegendruck und mitunter auch weniger Tiefgang.

1.5 Tastenkontakte

1.5.1 Allgemeines

Die Tastenkontakte sind mit den Tasten mechanisch verbunden. Sie gestatten dem Spieler die Auswahl der Töne. Dem Generator werden somit Tonsignale entnommen und zur Klangformung weitergeleitet. Gute elektronische Orgeln sind stets mehrchörig aufgebaut. Außer den normalen Registern müssen solche vorhanden sein, die tiefer oder höher klingen, als es der gedrückten Taste entspricht. Beim Druck einer jeden Taste müssen daher mehrere, verschieden hohe Töne eingeschaltet werden. Hierbei müssen die Tonsignale der einzelnen Fußlagen bzw. Chöre getrennt zur Klangformung weitergeleitet werden, damit man sie hier einzeln in der Klangfarbe beeinflussen sowie auch nach Belieben ein- und ausschalten kann. Daher ist es erforderlich, daß mit jeder Taste mehrere Kontakte in Verbindung stehen. So sind z.B. bei einer dreichörigen Orgel pro Taste drei Kontakte erforderlich und bei einer zehnchörigen Orgel deren zehn. Sie können von mechanischer oder elektronischer Art sein. Der Verfasser wendet beide Verfahren an, da beide Vorteile haben.

1.5.2 Elektronische Tastenkontakte

Die Tastung der Tonsignale erfolgt bei einigen Orgelsystemen auf elektronischem Wege, also indirekt, z.B. durch Dioden,

Transistoren oder speziell entwickelte IC's. Durch die Taste wird lediglich ein einfacher Kontakt betätigt, der eine Steuerspannung an mehrere elektronische Schaltstufen heranführt und diese durchlässig macht.

Der Aufwand an Bauelementen, Arbeitszeit und Kosten ist bei elektronischen Kontakten heute noch größer als bei mechanischen, zumal es nicht ganz einfach ist, den für leichte und auch ernste Orgelmusik wichtigen harten Toneinsatz bei gleichzeitiger Klickfreiheit zu realisieren. Auch müssen Maßnahmen gegen ein Durchsingen aller Töne bei nicht gedrückter Taste ergriffen werden.

Gut durchkonstruierte elektronische Kontakte bieten aber darüber hinaus den Vorteil, die Hüllkurve und damit den Lautstärkenverlauf der gespielten Töne zu beeinflussen. Sie gestatten z.B. die musikalisch sehr wertvolle Einzeltastenpercussion zu realisieren, bei der jeder Ton hart einsetzt und danach automatisch abklingt, und zwar für jede Taste unabhängig von den anderen, wie es z.B. beim Klavier und Cembalo der Fall ist.

Weitere Möglichkeiten sind Sustain (Nachklingen der Töne nach Loslassen der Tasten) und weicher Toneinsatz. Letzterer ist bei leichter Musik für bestimmte Instrumentaleffekte brauchbar. Für ernste Musik ist er nur für die tiefen Fußlagen bzw. Töne von Vorteil, während die übrigen hart einsetzen sollen, wie es auch bei der Pfeifenorgel der Fall ist. Ein direkter Tonsatz auf allen Fußlagen stellt jedoch, wenn er klickfrei ist, auch für ernste Orgelmusik eine vollwertige Lösung dar. Für leichte Musik ist er ohnehin für die meisten Register- und Sinusklangfarben wesentlich besser geeignet als ein weicher Tonsatz. Er muß hierfür tatsächlich möglichst hart sein.

Da auch elektronische Kontakte pro Taste einen Kontakt oder eine entsprechende Vorrichtung benötigen, ist diesen Elementen hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit besondere Aufmerksamkeit zu widmen, denn bei einem Ausfall würden gleich alle Töne einer Taste fehlen, während bei mechanischen Kontakten nur einer der Teiltöne ausfallen würde.

Ein Beispiel für die Möglichkeiten, die elektronische Kontakte heute bieten können, ist die Orgel Professional 2000 des Verfassers laut Kapitel 4.8.

1.5.3 Mechanische Tastenkontakte

Zur direkten Tastung der Tonsignale sind mit jeder Taste mehrere Schaltkontakte mechanisch verbunden, mit denen die Tonsignale der einzelnen Fußlagen — gesondert einer jeden Taste zugeordnet — beim Tastendruck direkt eingeschaltet werden. Es gibt zahlreiche und unterschiedlich gute Lösungen. Der Verfasser empfiehlt eine von ihm entwickelte und millionenfach bewährte Ausführungsform. Sie ist leicht selbst zu bauen, preiswert, musikalisch hochwertig und absolut wartungsfrei. Ihre Beschreibung in den folgenden Kapiteln dient gleichzeitig dazu, den Leser in die Funktion der Tastenkontakte allgemein einzuführen.

Bei solchen mechanischen Kontakten ist es wichtig, daß sie präzise und einfach konstruiert sind. Als Kontaktmaterial dürfen nur bestimmte Edelmetall-Legierungen verwendet werden. Obwohl die Kontakte sehr leichtgängig sein müssen, weil sich z.B. bei zehnchörigen Orgeln der erforderliche Betätigungsdruck verzehnfachen würde, arbeiten sie dann immer absolut zuverlässig und sicher, auch unter ungünstigen Bedingungen, ohne daß eine Wartung erforderlich ist.

Da dieser hohe Qualitätsgrad selbst bei manchen Industriefabrikaten nicht erreicht wird, andererseits aber für eine hochwertige elektronische Orgel, die ihrem Besitzer ungetrübte Freude bereiten soll, dringend erforderlich ist, sei für den Selbstbau empfohlen, nur bewährte Kontakte zu verwenden, die eine absolut wartungsfreie Funktion versprechen.

Sogenannte selbstreinigende Kontakte sind abzulehnen, weil die Reinigungswirkung bei den geringen auftretenden Drucken zweifelhaft ist. Besser sind Kontakte aus einem solchen Material, das von selbst sauber bleibt. Der Verfasser benutzt in seinen Orgeln ca. 0,4 mm dicke speziell gefertigte Drähtchen, die bei Betätigung der Taste gegen einen im rechten Winkel verlaufenden, feststehenden Kontaktdraht gedrückt werden.

1.5.4 Wirkungsweise der Tastenkontakte

Abb. 16 zeigt einen einzelnen Tastenkontakt. Das Tonsignal wird vom Generatorausgang über eine längere Leitung einem Entkopplungswiderstand zugeführt, der in unmittelbarer Nähe

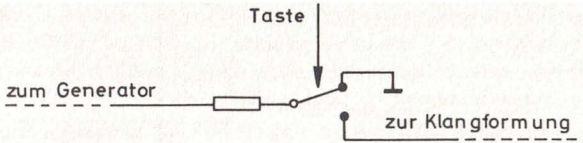


Abb. 16. Schaltbild eines einzelnen Tastenkontaktes

der Kontakte angeordnet ist. Manche Fabrikate verwenden einfache Arbeitskontakte. Hier besteht aber, auch bei niederohmiger Auslegung, die Gefahr kapazitiver Einstreuung von Tonsi nalen. Es würde also, auch wenn keine Taste gedrückt ist, ein leises Durchklingen sämtlicher Töne möglich sein. Besser sind daher Umschaltkontakte, wie in der Abbildung dargestellt. Bei nicht gedrückter Taste liegen alle Tonsignale zuverlässig an Masse. Kapazitive Einstreuung innerhalb der Kontakte ist also nicht möglich.

Wird die Taste gedrückt, so gelangt das Tonsignal weiter zur Klangformung. Die in der Abb. 16 als ausgefüllte Punkte dargestellten feststehenden Kontakte sind in Wirklichkeit lange Kontaktdrähte, die längs unter der Klaviatur durchlaufen und somit sämtlichen Tasten gleichzeitig zugeordnet sind. Elektrisch gesehen liegt also eine Parallelschaltung vor. Den im Bild oberen Kontaktdraht nennt man Erddraht, den unteren Sammeldraht. Er sammelt sämtliche Tonsignale, wenn mehrere Tasten gedrückt werden, und leitet sie gemeinsam zur Klangformung weiter.

Wie schon erwähnt, ist es bei einer guten elektronischen Orgel erforderlich, daß mit einer Taste mehrere Töne gleichzeitig eingeschaltet werden können. Sie müssen getrennt weiter zur Klangformung geleitet werden. Es sind daher pro Taste mehrere Kontakte erforderlich, wobei nur einer an den Generator angeschlossen wird, der die Tonhöhe besitzt, die der gedrückten Taste entspricht. Mit den anderen Kontakten werden höhere oder tiefere Töne eingeschaltet. Meist handelt es sich um Oktaven, teils aber auch um Quinten, Terzen usw. Näheres folgt im Kapitel Klangformung. Alle Kontakte, denen das gleiche Tonsignal zugeführt wird und die somit an den gleichen Generatorausgang angeschlossen werden müssen, werden zunächst innerhalb einer Klaviatur durch eine Leitung mitein-

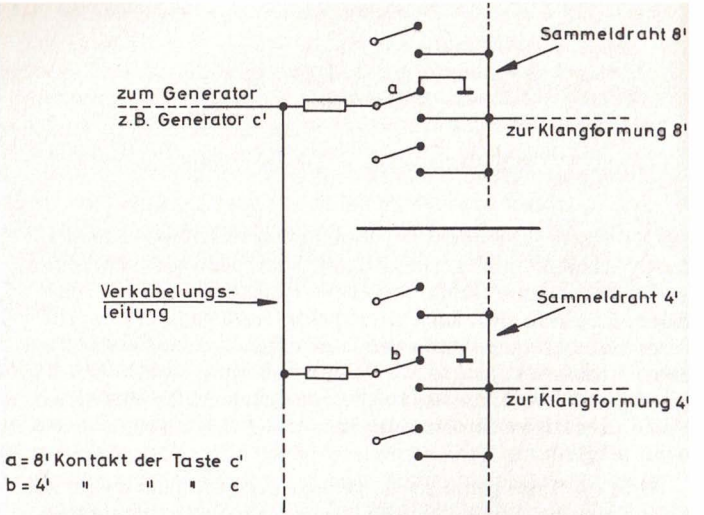


Abb. 17. Schaltbild mehrerer Tastenkontakte

ander verbunden. Dadurch erspart man sich einzelne Leitungen, die sternförmig zum Generator führen, und es ist nur noch eine Leitung pro Generatorausgang erforderlich.

In der *Abb. 17* ist eine solche Verkabelungsleitung dargestellt. Sie führt z.B. vom 8′-Kontakt der Taste c¹ zum 4′-Kontakt der Taste c. Der 4′ muß ja eine Oktave höher klingen als der 8′. Bei der Taste, die eine Oktave tiefer klingt, wird also deren um eine Oktave höher liegender 4′-Kontakt an den gleichen Generator angeschlossen usw.

Die vielen Querverbindungsleitungen innerhalb einer Klaviatur werden von manchen Herstellern elektronischer Orgeln als Verharfung durchgeführt. Es handelt sich um eine direkte Verbindung mittels dünner, isolierter Litzen oder Drähte. Der Arbeitsaufwand ist recht beträchtlich und das ganze wird bei größeren Orgeln recht unübersichtlich. Manche Hersteller wenden daher eine gedruckte Verharfung an. Es handelt sich um eine Platine, die so lang ist wie die Klaviatur und anstelle der herkömmlichen Verharfung auf die Kontakte gesteckt wird. Mitunter dient sie auch gleichzeitig als Träger für die gesamte

Kontakteinheit. Solche Platinen sind aber recht teuer. Die Verbindung der Manuale untereinander und mit dem Generator erfordert zusätzliche Kabelbäume oder entsprechend viele Einzelleitungen.

Der Verfasser hat vor einigen Jahren die sogenannte *Schnellverkabelung* entwickelt, die er für die optimale Lösung hält. Man spart mindestens genau so viel Arbeitszeit, wie bei Verwendung von Platinen, aber auch die Kosten für diese sowie auch für zusätzliche Kabelbäume. Durch die Schnellverkabelung werden nicht nur die Kontakte eines Manuals, die an den gleichen Generator angeschlossen werden müssen, miteinander verbunden, sondern es erfolgt auch in einem Arbeitsgang der Anschluß an den Generator sowie die Verbindung der einzelnen Manuale bei mehrmanualigen Orgeln. Auch das Pedal kann natürlich auf diese Weise angeschlossen werden.

Die Schnellverkabelung ist sehr nachbausicher, weil man eventuelle Fehler in der Regel schon beim Legen der Leitungen, also vor dem Festlöten, erkennt. Die einzelnen Leitungen werden mit einem Spezialwerkzeug, aus dem die Litze beim Verlegen abrollt, gewissermaßen "geschrieben" und bilden schließlich einen Kabelbaum, dessen Gewicht so gering ist, daß ihm auch stärkste Transporterschütterungen nichts anhaben können. Günstig ist auch die geringe Eigenkapazität zwischen den einzelnen Leitungen. Die Auswahl der Fußlagen kann ferner bei Bedarf persönlichen Wünschen leicht angepaßt werden.

Die längs unter der Klaviatur durchlaufenden Sammeldrähte der einzelnen Fußlagen werden über entsprechende Leitungen an die Klangformung angeschlossen. Mitunter werden hier auch Verstärkerstufen zwischengeschaltet. Zweckmäßiger ist es jedoch, wenn man ohne Verstärkerstufen (Impedanzwandler) auskommt, weil diese recht zahlreich sein müßten.

Da die Filter der Klangformung zwangsläufig die hohen Töne abschwächen, werden die Sammeldrähte häufig in einzelne Abschnitte unterteilt, um die Lautstärke stufenweise angleichen zu können. Dadurch werden in der Regel entsprechend viele zusätzliche Verstärkerstufen erforderlich. Der Verfasser empfahl vor Jahren erstmals einen sehr einfachen Weg, der das gleiche Ziel erreicht, aber keinerlei Mehrkosten und -arbeit erfordert. Hierbei handelt es sich um die Abstufung der Widerstandswerte, die den Tastenkontakten vorgeschaltet werden.

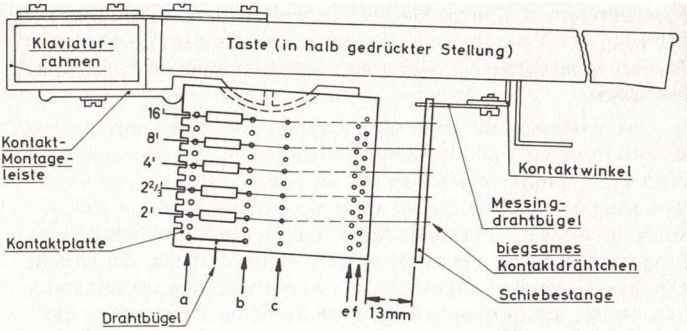


Abb. 18. Fünffach bestückte Kontakteinheit für eine Taste

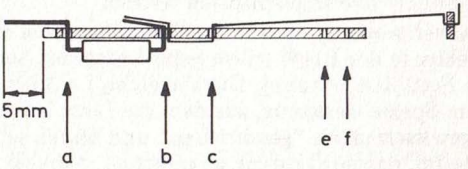


Abb. 19. Kontaktplatte und Schiebestange (von oben gesehen)

Bei den Baßtasten werden relativ große Widerstandswerte verwendet, im Diskant kleine. Dazwischen liegen mehrere Abstufungen, die so fein gewählt sind, daß sie vom Ohr nicht wahrgenommen werden. Durch die größeren Widerstände im Baßteil erreicht man auch, daß die Tiefpaßfilter in der Klangformung für die tiefen Töne der Klaviatur noch wirksamer werden, wodurch nicht nur die Lautstärke, sondern auch der Klangfarbenverlauf über die Klaviatur hin noch ausgewogener wird.

Abb. 18 zeigt eine fünffache Kontakteinheit. Die Entkopplungswiderstände sitzen in den Lochreihen a und b. Die vorgefertigt gelieferten biegsamen Kontaktdrähtchen werden in die Lochreihen b und c eingesteckt und mit dem einen Ende der Widerstände verlötet. *Abb. 19* zeigt diese Anordnung, von oben gesehen. Die Kontaktplatten bestehen aus starkem, hitzebeständigen Spezial-Kunststoff. Die feinen Löcher sind mit größter Maßhaltigkeit eingestanzt. Auf einer Seite befinden sich trich-

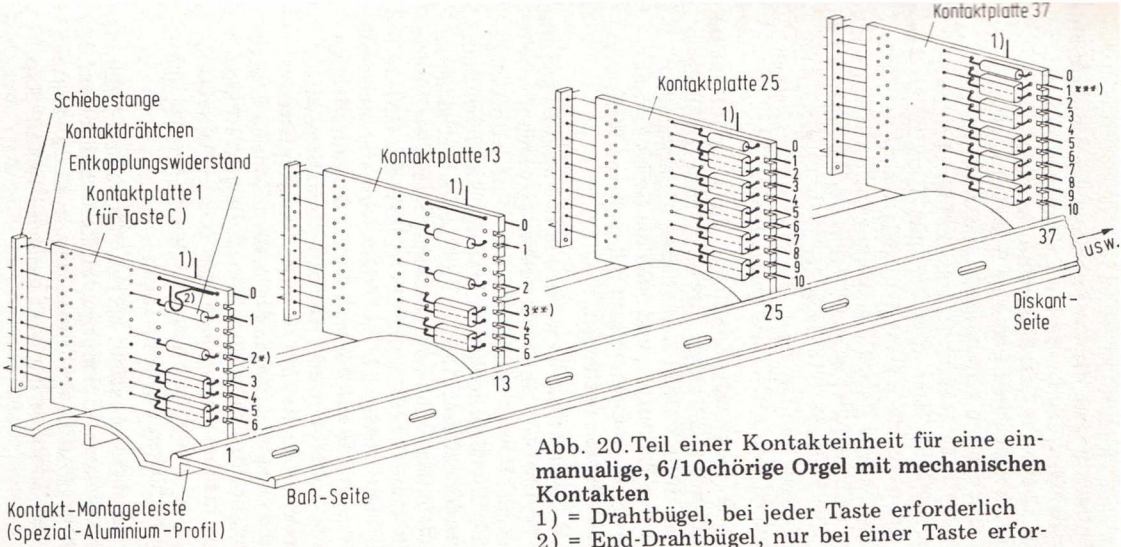


Abb. 20. Teil einer Kontakteinheit für eine einmanualige, 6/10chörige Orgel mit mechanischen Kontakten

1) = Drahtbügel, bei jeder Taste erforderlich

2) = End-Drahtbügel, nur bei einer Taste erforderlich

Beispiele für die Numerierung der Kontakte:

*) = Kontakt 1,2 (Kontaktplatte 1, Etage 2)

**) = Kontakt 13,3 (Kontaktplatte 13, Etage 3)

***) = Kontakt 37,1 (Kontaktplatte 37, Etage 1)

terförmige Einbuchtungen, die das Einziehen der Sammeldrähte wesentlich erleichtern. Die Lochreihe e nimmt die Sammeldrähte auf, die Lochreihe f die Erddrähte. Am Ende der beweglichen Kontaktdrähtchen sitzt eine Schiebestange, die mit der Taste mechanisch verbunden ist. Beim Drücken der Taste werden sämtliche biegsamen Kontaktdrähtchen gleichzeitig heruntergedrückt. Nach etwa zwei mm Tiefgang der Taste, am vorderen Ende derselben gemessen, verlassen sie den Erddraht und berühren kurz darauf den Sammeldraht. Schon wenn die Taste etwa halb gedrückt ist, wird somit der eigentliche Ton eingeschaltet. Der restliche tote Gang der Taste ist günstig für ein angenehmes Spiel auf der Orgel. Die Töne dürfen keineswegs erst einsetzen, wenn die Taste ganz gedrückt ist.

Der in der Abb. 18 gezeigte Drahtbügel dient zur Aufnahme der Schnellverkabelungsleitungen. Anstelle dieses Drahtbügels kann man natürlich auch einen zusätzlichen Widerstand einsetzen, z.B. für den Perkustain, und auch die freien Kontaktreihen lassen sich bei größeren Orgeln mit weiteren Widerständen und Kontaktdrähten bestücken.

Die einzelnen Kontaktplatten werden in eine speziell geformte Aluminium-Profilleiste eingesteckt und festgeklemmt, wie in *Abb. 20* dargestellt. Hier ist nur jede zwölfte Kontaktplatte gezeichnet, um die Übersichtlichkeit zu wahren. Die freien Enden der Widerstände dienen zum Anschluß der Schnellverkabelung. Sie sind, von oben nach unten, durchlaufend numeriert. Außerdem werden die einzelnen Kontaktplatten, links mit eins beginnend, mit Zahlen versehen. In der Praxis wird hier ein selbstklebender Zahlenstreifen aufgebracht. Durch dieses Koordinatensystem läßt sich jeder einzelne Kontakt genau bezeichnen. Der Verfasser empfiehlt, die Nummer der Kontaktplatte vor dem Komma, die einzelnen Etagen hinter dem Komma anzugeben. Näheres folgt in den späteren Kapiteln. Den lieferbaren Bausätzen liegen darüber hinaus noch ganz genaue Arbeitsanweisungen bei, so daß auch Laien diese Arbeiten absolut sicher und zuverlässig ausführen können.

Die Schnellverkabelung entfällt bei der Professional 2000, da sämtliche erforderlichen Verbindungen als Leiterbahnen auf der großen Verdrahtungsplatine vorhanden sind, in die die Platinen der elektronischen Kontakte nur noch gesteckt werden (Kap. 1.8.).

1.6 Klangformung

1.6.1 Allgemeines

In der Klangformung werden verschiedene Methoden zur Beeinflussung des Klangbildes angewandt. Es handelt sich insbesondere um Einstellvorrichtungen für Klangfarbe und Lautstärke. Der Spieler findet hier eine Anzahl von Registerschaltern und Drehknöpfen oder Zugriegeln, mit denen er das Klangbild der Orgel nach seinen eigenen Wünschen oder nach den Erfordernissen des jeweiligen Musikstückes einstellen und verändern kann. Ferner können an die Klangformung die verschiedensten Zusatzeffekte angeschlossen werden, wie weiter unten beschrieben.

Bevor die Beeinflussung der Klangfarbe bei der Elektronenorgel besprochen wird, müssen einige allgemeine theoretische Dinge eingeschoben werden.

1.6.2 Obertöne und Klangfarbe

Die Klangfarbe eines Tones wird bekanntlich durch seinen Gehalt an Obertönen bestimmt. Praktisch alle Musikinstrumente erzeugen nämlich zusammen mit dem Grundton eine Kette von Obertönen, die mit ersterem eine Einheit bilden und dadurch entstehen, daß die Töne nicht sinusförmig sind. Wir haben die Parallele hierzu in der Hf-Technik; jede nicht sinusförmige Schwingung läßt sich in eine Reihe von sinusförmigen Teilschwingungen, die Harmonischen, zerlegen. Diese sogenannte *harmonische Analyse* läßt sich sowohl nach Fourier rein mathematisch als auch experimentell-physikalisch durchführen. Zum Gegenbeweis ist der umgekehrte Vorgang möglich, nämlich die Synthese einer nicht sinusförmigen Schwingung aus mehreren Sinusschwingungen bestimmter Frequenz, Amplitude und Phasenlage.

Das Ohr enthält eine große Reihe resonanzfähiger Gebilde, die die einzelnen Harmonischen oder Teiltöne in ihrer Tonhöhe und Lautstärke getrennt registrieren und über Nervenleitungen dem Gehirn weitermelden. Dort wird die tiefste Harmonische, der Grundton, als maßgebend für die Tonhöhe empfunden, während die Summe der Obertöne den Klangfarbeneindruck bestimmt. Dem geübten Ohr ist es darüber hinaus mitunter

möglich, einzelne, stark ausgeprägte Obertöne bewußt wahrzunehmen.

Will man die einzelnen Harmonischen nach Stärke und Lage experimentell ermitteln, so sind besondere Hilfsmittel, z.B. *Suchtonanalysatoren* [5], erforderlich [1]). Die damit gefundenen Werte decken sich mit den aus der Kurvenform errechneten. Die Frequenzen der natürlichen Obertöne betragen stets ein ganzzahliges Vielfaches der Grundtonfrequenz. Somit ist der Frequenzabstand stets gleich der Grundtonfrequenz, sofern nicht einzelne Teiltöne ganz fehlen. Je nach Klangfarbe können einzelne Harmonische besonders stark ausgeprägt sein. Die Amplitude kann die des Grundtons übersteigen. Wird dieser einmal durch technische Hilfsmittel ganz unterdrückt, so wird er von dem Gehör infolge des festen Frequenzabstands der Obertöne ergänzt, so daß nicht die Tonhöhe, sondern nur die Klangfarbe als geändert empfunden wird.

Übrigens ist es ohne Einfluß auf den Klangfarbeneindruck, ob die Teiltöne demselben Tonerzeuger oder verschiedenen entstammen, und ihre Phasenlage ist für das Gehör ohne Belang. Daher ist es leicht möglich, beliebige Klangfarben aus Einzelschwingungen zu synthetisieren. Es sei bemerkt, daß die Phasenlage der Teiltöne zwar nicht den Klangeindruck, aber stets die Kurvenform des Gesamttons beeinflußt. Daher rufen auch Töne von verschiedener Kurvenform, aber gleichem, nur in der Phasenlage verschiedenem Obertongehalt den gleichen Klangfarbeneindruck hervor.

Abb. 21 zeigt in Tabellenform an einem Beispiel einige der wichtigsten Teiltöne nach den verschiedenen Bezeichnungsweisen. Als Beispiel wurde in dieser Tabelle der Grundton c^1 gewählt, der in der dritten senkrechten Spalte steht. Der tiefere Ton, der weiter links steht, spielt nur bei der Orgel eine Rolle.

---

[1]) Eine für einfache Zwecke ausreichende Genauigkeit liefert das vielseitig verwendbare *Selektojekt* [6]. Es stellt einen selektiven Verstärker mit sehr schmaler und steiler Durchlaßkurve dar. Man schaltet ein Röhrenvoltmeter nach oder arbeitet behelfsmäßig mit akustischer Anzeige. Das einfache Gerät ist zugleich ein brauchbarer Tongenerator mit wahlweise obertonarmer oder obertonreicher Ausgangsspannung und ziemlich konstanter Amplitude über den gesamten Tonbereich hin.

Note	c	c^1	c^2	g^2	c^3	e^3	g^3	c^4
Frequenz [Hz]	130,8	261,6	523,3	784,9	1046	1319	1568	2093
Frequenzverhältnis zum Grundton	1:2	1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	8:1
Nummer der Harmonischen		1	2	3	4	5	6	8
Nummer des Obertons			1	2	3	4	5	7
Lage zum Grundton	Okt.		Okt.	Quinte	Okt.	Terz	Quinte	Okt.
Registerbezeichnung [Fuß]	16'	8'	4'	2 2/3'	2'	1 3/5'	1 1/3'	1'

Abb. 21. Die wichtigsten Teiltöne für den Grundton c^1, dargestellt in den verschiedenen Bezeichnungsweisen

Rechts vom Grundton stehen einige der wichtigsten Obertöne. Während der Grundton als erste Harmonische bezeichnet wird, bildet der erste Oberton die zweite Harmonische, deren Frequenz doppelt so hoch wie die des Grundtons ist und die also genau eine Oktave höher liegt als dieser. Der zweite Oberton, also die dritte Harmonische, hat die dreifache Frequenz und bildet eine Quinte zur Oktave über dem Grundton, also zur zweiten Harmonischen. Entsprechend reihen sich die weiteren Obertöne an. Der Abstand auf der Tonleiter wird immer geringer.

Stark obertonreich ist die Sägezahnschwingung. In ihr treten sämtliche Harmonischen auf, und zwar fällt deren Amplitude nach den oberen Teiltönen hin stetig und gesetzmäßig immer weiter ab. Besitzt der Grundton die Amplitude 1, so hat die zweite Harmonische die Amplitude 1/2, die dritte Harmonische 1/3 usw. Der Klangeindruck einer solchen Schwingung ist äußerst hell, aber sonst neutral. — Eine deutliche Besonderheit weist schon eine regelmäßige Rechteckschwingung auf. Der Amplitudenabfall nach den hohen Teiltönen hin ist

hier der gleiche, doch fehlen alle geradzahligen Harmonischen. Die stärksten vorhandenen Teiltöne sind somit die mit den Ordnungszahlen 1, 3, 5 und 7. Die Klangfarbe ist typisch hohl wie bei den oben geschlossenen Orgelpfeifen, den sogenannten Gedackten. — Je mehr sich eine Schwingung der Sinusform nähert, desto geringer wird der Obertongehalt.

Die Amplituden der Obertöne müssen nicht immer nach oben hin stetig abnehmen. Einzelne Obertöne oder Obertongruppen können besonders stark ausgeprägt sein. Man spricht in solchen Fällen von *Formanten*. Man kennt in der Musik zwei Arten: feste und mitlaufende Formanten. Erstere verändern ihre Lage nicht, auch wenn verschieden hohe Töne gespielt werden. Sie entstehen bei herkömmlichen Instrumenten meist durch deren Resonanzeigenschaften, die sich ja in der Regel nicht mit der Tonhöhe ändern. Ein bekannter fester Formant ist der Näselformant, der bei 1500...2000 Hz, nach manchen Angaben etwas höher, liegt. Er ist u.a. für Oboe und Saxophon charakteristisch. Auch Vokale erhalten ihr Gepräge durch bestimmte, verschieden hoch liegende Formantgebiete, und ihre Eigenheiten werden etwa durch Tonbandwiedergabe mit falscher Geschwindigkeit völlig verändert.

Mitlaufende Formanten ändern ihre Lage mit der Höhe des Grundtons, und ihr Frequenzverhältnis zu demselben bleibt konstant. Sie entstehen meist durch die Eigenheit des Tonerzeugers selbst.

Die herkömmlichen Musikinstrumente weisen in der Regel beide Formanttypen gleichzeitig auf. Dasselbe sollte auch bei einer Elektronenorgel angestrebt werden und läßt sich, wie weiter unten gezeigt, relativ einfach durch elektrische Schaltmaßnahmen erreichen. Feste Formanten erzeugt man mit elektrischen Filtern, mitlaufende nach der additiven Klangsynthese.

Es sei noch erwähnt, daß bei Musikinstrumenten unharmonische Teiltöne sowie Geräuschkomponenten auftreten können. Diese mehr oder weniger zahlreichen Teiltöne stehen in keinem ganzzahligen Frequenzverhältnis zum Grundton und spielen insbesondere bei den Einschwingvorgängen eine Rolle. Ferner treten, z.B. bei Glockenspielen, Vertreter der subharmonischen Teiltonreihe auf. Diese zeichnet sich durch die Frequenzverhältnisse 1/2, 1/3, 1/4 usw. zum Grundton aus und

stellt das intervallgetreue Spiegelbild der natürlichen Obertonreihe dar. Ein elektronisches Musikinstrument, das von der subharmonischen Teiltonreihe Gebrauch macht und die Klänge dabei nach der additiven Methode zusammensetzt, ist das *Mixtur-Trautonium* von *O. Sala* [7].

1.6.3 Die Klangfarbenerzeugung bei der Pfeifenorgel

Im Rahmen dieses Buches kann nur kurz auf die Pfeifenorgel eingegangen werden. Es ist jedoch interessant und lehrreich, sich mit diesem verwandten Gebiet ausführlicher zu befassen. Zur Einführung können verschiedene kleinere Bücher empfohlen werden [8]. Wichtige Ergänzungen hierzu bieten auch die Arbeiten von *Lottermoser* [9]. Die Klangfarben der Pfeifenorgel entstehen einerseits durch die Bauweise der einzelnen Pfeifen und andererseits durch das Zusammenklingen mehrerer, zur gleichen Taste gehörender Pfeifen. Man ordnet nämlich jeder Tastatur mehrere Pfeifenreihen, Register genannt, zu. Diese sind nach ihrer Bauweise und demzufolge nach ihrem Klang unterschiedlich und können vom Spieltisch aus einzeln oder in beliebiger Kombination eingeschaltet werden. Man unterscheidet Zungen- und Lippenpfeifen.

Zungenpfeifen, auch Lingualstimmen oder Rohrwerke genannt, erzeugen den Ton durch im Luftstrom schwingende, meist aufschlagend konstruierte Metallzungen. Die erzeugten sehr stark obertonhaltigen Schwingungen werden durch einen aufgesetzten, oben offenen Metallbecher geleitet, der durch seine Resonanz- und Filtereigenschaften bestimmte Formantgebiete anhebt oder schwächt, so daß das Endresultat auch obertonarm sein kann, stets aber deutliche Formanten aufweist, die häufig auch im hohen Obertongebiet, bei der 30. Harmonischen und darüber, noch stark ausgeprägt sein können. Es lassen sich also die verschiedenartigsten Klangfarben erzielen, je nach Konstruktion der Pfeifen. Bekannte Register sind Krummhorn, Dulzian, Cornett, Klarinette, Vox Humana, Trompete, Posaune, Oboe, Horn, Saxophon, Fagott u. a.

Würde der Schallbecher bei allen Pfeifen eines Registers gleich groß sein, so könnte man von festen Formanten sprechen. Dies ist jedoch in der Regel nicht so, sondern die Becher werden meist nach den hohen Tönen hin kleiner, so daß die

Formanten ebenfalls nach oben hin verschoben werden. Es wäre jedoch falsch, einfach von mitlaufenden Formanten zu sprechen, denn die Formanten ändern ihre Lage nicht in demselben Maße wie der Grundton. Die Schallbecher werden meist so bemessen, daß man ein Mittelding zwischen festen und mitlaufenden Formanten erhält. Es sei daher für solche Orgelregister der Ausdruck „verschobene Formanten" gestattet.

Die zweite Hauptgruppe sind die Lippenpfeifen oder Labialstimmen. Das Bauprinzip ist ähnlich wie bei der Flöte, sie enthalten somit keine bewegten mechanischen Teile, der Luftstrom gerät infolge einer lippenförmigen Öffnung und anderer Besonderheiten des unteren Pfeifenteils in Schwingungen. Das Oberteil ist meist zylindrisch, mitunter auch schwach trichterförmig oder konisch gebaut. Seine Länge bestimmt die Tonhöhe, seine Weite im wesentlichen die Klangfarbe. Je enger eine Lippenpfeife gebaut ist, umso größer ist ihr Obertongehalt, jedoch wird auch bei engster Bauweise kaum der Obertonreichtum mancher Zungenregister erreicht. Formanten sind selten zu finden.

Man kann nach der Weite der Lippenpfeifen drei Untergruppen bilden: die weiten Flötenregister, die engen Streicherregister und dazwischenstehend die wichtige Familie der Prinzipale.

Zur ersten Gruppe gehören neben den verschiedenen, direkt mit Flöte bezeichneten Registern auch solche wie Nachthorn und Gemshorn. Die Klangfarbe ist ausgesprochen dunkel und entspricht etwa einer Sägezahnschwingung mit sehr starker, kontinuierlicher Obertonbeschneidung.

Die Prinzipale stehen in der Klangfarbe zwischen dunkel und hell. Registernamen sind Prinzipal (englisch: open diapason), Oktave, Quinte, Terz u. a. Letztere sind Obertonregister (s. u.).

Die engen Lippenpfeifen, zusammenfassend Engchor oder Streicher genannt, erzeugen helle, obertonreiche Klangfarben, die etwa einer leicht in den Höhen beschnittenen Sägezahnschwingung entsprechen. Sie dienen häufig zur Nachahmung der Streichinstrumente, was sich in Registernamen wie Viola, Violine und Cello ausdrückt. Wichtige Vertreter sind Gamba sowie das meist etwas zartere Salizional oder Salizet.

Während Lippenpfeifen normalerweise oben offen sind, gibt es eine weitere Untergruppe, die Gedackten. Sie sind oben geschlossen und klingen eine Oktave tiefer als die gleichlange Normalausführung. Daher sind sie materialsparend, und sie zeigen auch eine deutliche klangliche Eigenheit. Die geradzahligen Harmonischen sind weitgehend unterdrückt. Die Schwingungsform ähnelt daher weitgehend einem Rechteck, und die Klangfarbe wird als typisch hohl empfunden. Wegen der meist recht weiten Bauart treten die höheren Harmonischen ziemlich zurück. Bekannte Registernamen sind: Gedackt (englisch; stopped diapason), Bourdon, Untersatz (ein Pedalregister) und Quintadena. Letztere enthält die 3. Harmonische, eine Quinte, besonders ausgeprägt.

Die Obertönigkeit der einzelnen Pfeifen ist innerhalb eines Registers nicht immer gleich, sondern in bestimmten Lagen, z.B. in den mittleren Oktaven der Tastatur, etwas verstärkt. Dadurch versucht man besonders günstige Klangwirkungen zu erzielen. In Parallele zu den innerhalb eines Registers verschobenen Formanten der Zungenregister sei hier der Ausdruck „verschobene Obertönigkeit" gewählt. Es sei erwähnt, daß eine abnehmende Obertönigkeit, etwa nach den Höhen hin, häufig mit zunehmender Lautstärke einhergeht.

Wie fast alle normalen Musikinstrumente leiten sich auch die Klangfarben der meisten Orgelregister von der Sägezahnschwingung ab. Wenigstens die niedrigen Harmonischen sind also lükkenlos vorhanden, bei den höheren Harmonischen kann jedoch die Amplitude gegenüber der Sägezahnschwingung mehr oder weniger stark beschnitten sein oder diese Harmonischen fehlen vollständig. Nur wenige Orgelregister leiten sich von der Rechteckschwingung ab, z.B. die schon erwähnten Gedackten und die selten gebrauchten durchschlagenden Zungenstimmen. Letztere werden vorwiegend beim Harmonium und Akkordeon verwendet. Bei diesen Registern fehlt also jede zweite Harmonische ganz oder ist wenigstens stark reduziert. Die Beschneidung der höheren Harmonischen entspricht dem zuvor Gesagten.

Außer Registern, die in der Tonhöhe den gedrückten Tasten entsprechen und Grundtonregister genannt werden, baut man auch solche ein, die höher klingen und den Obertönen der Grundtonregister entsprechen, diese also verstärken. Außerdem

bringen diese Obertonregister eigene Obertöne hervor, die sehr zur Gesamtwirkung beitragen. Die Grundtonregister werden auch als 8'-Register bezeichnet (sprich: acht Fuß). Die Fußangabe stammt aus der Frühzeit der Pfeifenorgel und bezieht sich auf die Länge der Pfeifen offener Lippenausführung für die Taste C, also meist die tiefste Manualtaste. Dementsprechend wird das Obertonregister, das der zweiten Harmonischen entspricht und somit eine Oktave höher klingt, als 4'-Register oder schlechtweg 4' bezeichnet. Es folgen Quinte 2 2/3', Superoktave 2' und so fort gemäß Abb. 21. — Schaltet man nun z.B. ein 8'-, ein 4'- und ein 2'-Register ein, so erklingen, wenn man eine Taste drückt, gleichzeitig drei Töne, die im Oktavabstand zueinander liegen und meist zu einer Einheit verschmelzen.

Durch das Zuschalten von Obertonregistern besteht die Möglichkeit, das Klangbild aufzuhellen, zu verbreitern und zu färben. Für die Obertonregister werden ebenso wie für die Grundtonregister Pfeifenreihen von unterschiedlicher Klangfarbe und Lautstärke eingebaut. Man wählt aber in erster Linie eine mehr oder weniger geschlossene Obertonregisterreihe, die aus gleichartigen Registern zusammengesetzt ist. Man nennt sie ein Plenum und bevorzugt hierfür insbesondere Register der Prinzipalfamilie. Jede Tastatur erhält dann nach Möglichkeit außer einem eigenen Plenum noch einige Grund- und Obertonregister der übrigen Pfeifenarten, die färbend-untermalend oder auch für sich allein eingesetzt werden. Große Orgeln enthalten sogar oft ein eigenes Weitchor- und Zungenplenum.

Man verwendet an Obertonregistern insbesondere die Oktaven 4', 2' und 1', ferner die Quinten 2 2/3' und 1 1/3' sowie die Terz 1 3/5'. Bei Kleinorgeln beschränkt man sich auf die Oktaven 4' und 2', bei großen Orgeln geht man bis zum 1' und darüber.

Wichtig sind ferner die Mixturen. Dies sind Register, die pro Taste mit mehreren Pfeifen besetzt sind und meist zur Erzeugung der höheren Obertöne verwendet werden, die das Klangbild besonders strahlend gestalten. Die Mixturen repetieren meist. Eine einfache Mixtur besteht zum Beispiel für die tiefen Tasten aus 2' + 1 1/3' + 1' + 2/3'. Würde dies bis in den Diskantteil der Tastatur beibehalten, so müßte man dort sehr hohe Töne erzeugen, was klanglich nicht günstig ist. Besser ist es, wenn man die Mixtur nach dem Diskant hin in tiefere Lagen

zurückführt. Dies geht in mehreren Etappen vor sich, bis im Diskant etwa 5 1/3' + 4' + 2 2/3' + 2' erreicht sind. Hierbei springen die Oktaven in die nächst tiefere Quintlage und umgekehrt. Man nennt dies eine „milde Repetition". Demgegenüber werden bei der Oktavrepetition jeweils Oktavsprünge ausgeführt. Auch diese Art läßt sich in bestimmten Fällen anwenden, ohne beim Spiel störend zu wirken. — Mixturnamen sind: Mixtur, Zimbel, Scharf, Sesquialter und andere.

Ferner baut man, insbesondere beim Pedal, tieferklingende Register als 8' ein. Gebräuchlich ist die Suboktave 16', selten der zwei Oktaven unter dem Grundton liegende 32'. Selten sind auch diesen Registern zugeordnete Obertonregister wie die Quinte 5 1/3', und die Terz 3 1/5'.

Bei den Obertonregistern bevorzugt man solche in Oktav- und Quintlage. Solche in Terzlage und in anderen Intervallen sind seltener, werden allerdings in letzter Zeit wieder mehr verwendet. — Für die Verschmelzungsfähigkeit der Teiltonregister ist neben dem Lautstärkeverhältnis ihre Obertönigkeit entscheidend. Will man eine gute Verschmelzung, so müssen die Grundtonregister relativ obertonreich, die Obertonregister aber selbst obertonarm sein. Allerdings ist es wenig zweckmäßig, zu weit zu gehen und für die Obertonregister Sinusklangfarben zu verwenden. Das Klangbild kann dann leicht ziemlich stumpf wirken. Eine mäßige Obertönigkeit mit Sägezahncharakter ist günstiger, und außer solchen normalen Obertonregistern sollten stets einige besonders hell klingende eingebaut werden, da sich damit besonders interessante Wirkungen erzielen lassen.

Jede Klaviatur bildet mit den zugehörigen Registern eine selbständige Einheit, die man ein *Werk* nennt. Für die Manuale sind Namen wie Hauptwerk, Oberwerk, Schwellwerk und andere gebräuchlich, und beim Pedal spricht man vom Pedalwerk. Zwischen den Werken lassen sich durch Koppeln Querverbindungen herstellen. Man registriert die einzelnen Werke meist kontrastreich zueinander, um verschiedene Klangfarben nacheinander oder zur deutlichen Trennung einzelner Stimmen auch gleichzeitig zur Verfügung zu haben. Dieser Fall tritt ein, wenn man etwa beim Triospiel für jede Hand und das Pedal eine eigene Klangfarbe benötigt. Bei solchem Spiel ist eine klangliche Verschmelzung der einzelnen Klaviaturen zu vermeiden. Soll etwa eine Baßstimme selbständig wirken und sich

von dem Übrigen richtig abheben, so muß einer Verschmelzung durch die Wahl obertonarmer Pedalregister entgegengewirkt werden. Andererseits muß das Pedal auch helle Klangwirkungen ermöglichen, wenn es beispielsweise im Cantus-Firmus-Spiel die Melodieführung übernehmen soll.

Der Einbau geeigneter Obertonregister ist bei der Orgel schon seit Jahrhunderten zur Erzielung hervorragender Klangeigenschaften gebräuchlich und führte u. a. zu der besonderen Qualität der Barockorgel. Nach Untersuchungen von Lottermoser [9] ist es besonders günstig, wenn der Plenumklang beim Drücken *einer* beliebigen Taste eine breite Teiltonverteilungskurve aufweist. Einer zu starken Betonung des Grundtons muß in allen Tastaturbereichen durch die Obertonregister entgegengewirkt werden, und die Kurve muß außer einem schwachen Maximum im Grundtonbereich ein weiteres bei den höheren Teiltönen aufweisen, so daß dazwischen eine schwache Einsattelung entsteht. Dadurch, daß als Obertonregister hauptsächlich Oktaven und Quinten verwendet werden, die selbst wieder eigene Obertöne enthalten, entsteht ein Klangbild, das nicht durch einen einzigen Schwingungserzeuger mit entsprechender Anhebung einzelner Teiltonbereiche nachgebildet werden kann.

Zu diesen Eigenschaften kommen bei einer guten Barockorgel Besonderheiten in der Tonansprache. Durch die deutlichen Einschwingvorgänge, Vorläufertöne und -Geräusche wird das Klangbild belebt, und schnelle Tonfolgen werden durchsichtiger. Allerdings muß eine allzu spuckende und hustende Tonansprache nicht immer schön wirken.

Im vergangenen Jahrhundert war man von der bewährten Linie abgegangen. Man strebte mehr nach Lautstärke und Dynamik, bemühte sich um die Nachahmung von Orchesterinstrumenten und überlud die Orgeln oft mit 8'-Registern. Diese romantische Stilepoche ist in manchen Ländern, z.B. Amerika, auch heute noch nicht verklungen. Es ist das Verdienst Albert Schweitzers und der durch ihn ausgelösten Orgelbewegung, daß man die alten Barockideale wieder entdeckt und sich zu eigen gemacht hat. Man hat die alten Orgeln genau studiert und erstrebt bei Neubauten wieder deren strahlenden Klangreichtum unter Anwendung moderner Fertigungstechnik sowie neuer Erkenntnisse. Bei der Konstruktion von Elektronenorgeln sollte man aus dieser Entwicklung mehr als bisher lernen.

1.6.4 Temperierte Stimmung

Die Keimzelle der Musik bilden die verschiedenen Intervalle, die im Zusammenhang als angenehm oder auch als mißklingend empfunden werden. Sie beruhen auf bestimmten, meist einfachen Frequenzverhältnissen und begegnen uns daher auch bei den natürlichen Obertönen. Im Laufe der Zeit führten sie zur Bildung der uns bekannten Tonarten. Die Oktaven wurden in eine Reihe von Ganz- und Halbtonschritten unterteilt. Daß die durch die natürlichen Intervalle bedingten zwölf Halbtonschritte untereinander nicht gleich groß sind, ist eine Schwierigkeit, die einer für alle Tonarten geeigneten festen Instrumentenstimmung zunächst im Wege stand. Man entschloß sich daher zu einem Kompromiß und schuf die sogenannte wohltemperierte oder gleichschwebende Stimmung. Hier sind alle zwölf Halbtonschritte untereinander gleich groß gemacht. Da die Oktaven im Frequenzverhältnis 1 : 2 stehen, bilden die zwölf gleichen Halbtonschritte stets das Frequenzverhältnis von $\sqrt[12]{2}$. Nun führt dieser Wert aber erst nach zwölfmaliger Multiplikation mit sich selbst, also bei der Oktave, wieder zu einem einfachen Zahlenverhältnis (einfache Zahlenverhältnisse sind z.B. 1:2, 1:3, 3:5, 4:5, 2:3 u. a.). Deshalb treten bei allen Zwischentönen Abweichungen von der natürlichen Stimmung auf, die sich meist in Schwebungen äußern, wie man es etwa an den Quinten leicht feststellen kann. Bei der reinen, natürlichen Stimmung treten diese Abweichungen und Schwebungen naturgemäß nicht auf. Da die Frequenz der Schwebung sich bei der temperierten Stimmung über die Klaviatur hin nur mit der Tonhöhe ändert und somit in benachbarten Gebieten keine größeren Sprünge ausführt, spricht man auch von der *gleichschwebenden Stimmung.* Beim Spiel können die auftretenden Schwebungen und Rauhigkeiten mitunter störend wirken, jedoch sind diese, wenn die Stimmung exakt ausgeführt ist, so gleichmäßig über die Tonskala verteilt, daß sich das Gehör an diese Kompromißlösung gewöhnt und sie hinnimmt.

Es erhebt sich nun die Frage, ob man bei einer Orgel die Obertonregister rein oder temperiert stimmen sollte. Bei den Registern in Oktavlage besteht natürlich kein Unterschied zwischen den beiden Stimmungen. Die anderen, die sogenannten Aliquoten, werden bei der Pfeifenorgel fast immer rein ge-

stimmt. Hierdurch ergibt sich eine glatte Verschmelzungsfähigkeit mit den Grundstimmen. Eine Ausnahme bildet die Multiplexorgel, die Grund- und Obertonregister aus dem gleichen Pfeifensatz entnimmt, um mit weniger Pfeifen auszukommen. Die Aliquoten sind infolgedessen temperiert und bilden mit den Grundregistern Schwebungen, die einer völligen Verschmelzung entgegenwirken. Das gleiche gilt für die Elektronenorgel, da auch hier in der Regel für die Aliquoten der gleiche Generatorsatz mitverwendet wird. Die Obertonregister sind hier gegenüber der Multiplexorgel zwar klanglich selbständig, aber wie bei dieser temperiert gestimmt. Die meisten der temperierten Aliquoten wirken jedoch, richtig dosiert, nicht störend, und das Gehör nimmt sie ohne besonderes Widerstreben hin, zumal es sich ja an die temperierte Stimmung im allgemeinen schon gewöhnt hat. Zwar verschmelzen die Aliquoten nicht so ruhig und glatt wie in reiner Stimmung, aber sie bilden doch einen belebenden, würzig färbenden Zusatz zu den übrigen Stimmen, so daß sie ihre Berechtigung haben, denn gerade bei der Elektronenorgel ist eine solche Bereicherung vorteilhaft, weil eine zu weitgehende, glatte Perfektionierung des Klangbildes in der Musik stets schnell ermüdend wirkt und den Zuhörer keineswegs fesselt. Bestimmte, geringfügige Unregelmäßigkeiten wirken hingegen häufig sehr reizvoll, insbesondere, wenn man sie wie die Aliquoten nur zeitweise als besonderes Ausdrucksmittel verwendet.

1.6.5 Die Klangfarbenerzeugung bei der Elektronenorgel

Man unterscheidet vor allem das *additive* und das *selektive Verfahren.* Bei der *additiven Klangfarbenerzeugung* wird das Gesamtspektrum des einzelnen Tones aus getrennt erzeugten Grund- und Obertönen zusammengesetzt. Man kann die einzelnen Teiltöne, auch Fußlagen oder Chöre genannt, ähnlich wie bei der Pfeifenorgel, getrennt zuschalten und auch in der Lautstärke dosieren. So hat man schon mit einer geringen Zahl von Obertonregistern viele Kombinationsmöglichkeiten. Die auf diese Weise dem Grundton in verschiedenen Stärken zufügbaren Obertöne bilden die mitlaufenden Formanten.

Die einzelnen Chöre bzw. Fußlagen, aus denen diese Obertöne gebildet werden, entnimmt man, wie schon erwähnt, meist

demselben Generatorsatz, indem man diesen nach dem Dauertonverfahren über Entkopplungswiderstände mehrfach ausnutzt. Letztere sitzen vor den Tastenkontakten.

Hier sei nochmals an die Bedeutung der einzelnen Fußlagen erinnert. Die 8'-Lage entspricht in ihrer Tonhöhe genau der gedrückten Taste. Ein 8'-Register klingt also so hoch, wie man es erwartet und z.B. vom Klavier her gewöhnt ist. 4'-Register bilden den ersten Oberton und klingen eine Oktave höher, als es der gedrückten Taste entspricht. Die 4'-Lage wird über einen besonderen Tastenkontakt dem Generator entnommen, der eine Oktave höher liegt als der entsprechende 8'-Ton. Schaltet man also ein 8'-Register und ein 4'-Register ein und drückt eine Taste auf der Klaviatur, so erklingen zwei Töne, die Oktavabstand zueinander haben. Der 2' klingt nochmals eine Oktave höher als der 4'. Die 1'-Register liegen nochmals eine Oktave höher. Alle 16'-Register klingen eine Oktave tiefer als der 8'. Darüber hinaus gibt es Quinten und Terzen, also die sogenannten Aliquoten, z.B. 2 2/3' usw. Näheres ist in der Tabelle in der Abb. 21 dargestellt.

Grundsätzlich gilt, daß der Klang erst durch Obertonregister orgelähnlich wird, also wenn mehrere Chöre bzw. Fußlagen vorhanden sind. Bis zu etwa zehn Chören steigt die Tonqualität einer elektronischen Orgel mit der Zahl der Fußlagen an. Eine weitere Steigerung der Chörigkeit würde praktisch keine Verbesserung mehr bedeuten, sondern nur den Aufwand unnötig erhöhen. Dies gilt insbesondere dann, wenn gleichzeitig das unten beschriebene additive Verfahren angewendet wird, die einzelnen Fußlagen also selbst obertonreich sind. Das Geheimnis des Orgelklanges liegt in der *Auswahl* bestimmter Obertöne, insbesondere der Oktaven, Quinten und Terzen.

Der Verfasser hat erstmals auch über dem 1' liegende Obertöne bei einer elektronischen Orgel angewendet, z.B. die None 8/9', die Mollterz 16/19', die Quarte 8/11' und die Sexte 16/27'. Auch kann man selbstverständlich noch die über dem 1' liegenden Oktaven, Quinten und Terzen heranziehen. Allerdings sind von den über dem 1' liegenden Fußlagen nur eine oder wenige empfehlenswert. Sie bringen jedoch eine nochmals wesentliche Verbesserung, als wenn 1' das höchste Register ist.

Billige elektronische Musikinstrumente, die heute häufig angeboten werden, sind meist nur einchörig, haben also keine Re-

gister, die höher oder tiefer klingen, als es der gedrückten Taste entspricht. Solche Instrumente verdienen eigentlich die Bezeichnung "Orgel" nicht. Auch Instrumente mit zwei oder drei Fußlagen befriedigen den wirklichen Musikfreund auf die Dauer kaum. Eine gute elektronische Orgel sollte wenigstens fünfchörig sein. Sehr gute Instrumente haben acht bis zehn Fußlagen. Sie stellen bei entsprechender sonstiger Auslegung (z.B. Sägezahnregister in allen Fußlagen) Spitzenklasse dar.

Um die höheren Fußlagen, z.b. 4', 2' usw., auch im Diskantbereich der Tastatur zu erzeugen, muß der Generator weiter heraufreichen, als es der Tastatur entspricht. Die ganz hohen Obertonregister, etwa ab 2', können jedoch im rechten Klaviaturbereich *repetieren*, ohne daß dies störend wirkt. Dadurch **bleibt der Aufwand in Grenzen und ein 9-Oktavengenerator** genügt in jedem Fall. Die Repetition wirkt sich bei einer Elektronenorgel im allgemeinen so aus, daß die höchsten Fußlagen im rechten Bereich der Klaviatur eine Oktave tiefer klingen, als bei den übrigen Tasten. Spielt man die Tonleiter aufwärts, so springt der Ton also plötzlich um eine Oktave zurück. Störend wirkt die Repetition, wenn sie z.B. bei billigen elektronischen Orgeln schon im 4' angewandt wird. Beim 2' fällt sie nicht auf, während sie bei den höheren Fußlagen, z.B. 1', sogar klanglich vorteilhaft ist. Anderenfalls würde man leicht bis an die Hörgrenze oder in den Ultraschallbereich gelangen, während das Ohr bei diesen sehr hohen Fußlagen die Repetition als angenehm empfindet. Sie ist übrigens auch bei der Pfeifenorgel, wie erwähnt, durchaus üblich, und zwar sowohl bei Mixturen als auch bei den hohen Obertonregistern.

Wie schon erwähnt, werden die einzelnen Fußlagen in der Regel nicht über die gleichen Tastenkontakte geführt wie der Grundton, sondern über eigene Kontaktreihen. Jede Fußlage besitzt einen eigenen Sammeldraht und wird somit getrennt zur Klangformung geleitet und hier für sich hinsichtlich Stärke und Klangfarbe beeinflußt. Eine Zusammenfassung mehrerer Teiltöne mit nur einer Kontaktreihe nach Art der Mixturen ist jedoch vertretbar (etwa Sesquialter 2 2/3' + 1 3/5') und zur Vereinfachung des Tastenkontaktteils geeignet.

Die 7. Harmonische, also die Septime, läßt man übrigens häufig weg, da ihre Abweichung von der temperierten Tonscala zu groß ist. Im Pedal findet man als tiefste Fußlage in der Regel

den 16'. Dies reicht in den allermeisten Fällen bestens aus, bringt doch schon der 8' bei entsprechender Auslegung ein sehr gutes Baßfundament. Für sehr große elektronische Orgeln hat der Verfasser erstmals einen akustischen 32' empfohlen und angewandt. Die Töne werden hierbei nicht direkt vom Generator erzeugt und vom Lautsprecher abgestrahlt, sondern erst im Ohr gebildet. Die Tastenkontakte entnehmen dem Generator lediglich die Fußlagen 16' und die zugehörige Quinte 10 2/3'. Der Lautsprecher strahlt diese beiden ab, das Ohr ergänzt den zugehörigen Grundton aus den ihm zugeleiteten beiden Harmonischen Nr. 2 und 3. Dies hat den Vorteil, daß der Lautsprecher nur 32 Hz als tiefste Frequenz abzustrahlen braucht, so daß der Aufwand beim Generator, Lautsprecher und Gehäuse nicht unvertretbar groß wird.

Auch beim 16' kann man entsprechend verfahren, um bei mittelgroßen Instrumenten den Aufwand weiter zu reduzieren. Man muß dann aber besondere Maßnahmen ergreifen [10], weil die akustische Methode nur bei tiefen Tönen das gewünschte Ergebnis liefert.

Ein Beispiel für die rein-additive Klangformung ist die in ihrem Klangbild weitgehend bekannte Hammond-Orgel. Die Teiltöne, also die einzelnen Fußlagen, sind in ihrer Stärke einstellbar und werden der temperierten Tonscala entnommen. Trotzdem ist ihre Verschmelzungsfähigkeit mit dem Grundton recht weitgehend, da sie wie dieser ziemlich sinusförmig sind. Lediglich die obersten Generatoren erzeugen oberwellenreiche Töne.

Bei der *selektiven Klangformung* geht man von einer obertonreichen Grundschwingung aus. Am besten eignet sich dafür die Sägezahnform, wie im Kapitel 1.2.2 dargelegt. Mit Hilfe elektrischer Filter siebt man bestimmte Tonbereiche aus dem beim Spielen entstehenden Frequenzgemisch heraus. Auch eine Anhebung bestimmter Frequenzgebiete ist möglich. Weil sich dabei die Filter praktisch nicht mit der Tonhöhe der gespielten Grundtöne verändern lassen, entstehen hierbei feste Formanten. Man verwendet Hochpässe, Tiefpässe, L-C-Filter sowie die verschiedensten Kombinationen dieser drei Arten. Da die Sägezahnschwingung sämtliche musikalischen Obertöne enthält, lassen sich durch Anhebung oder Absenkung derselben prak-

tisch alle Instrumenten- und Orgelregister-Klangfarben herstellen.

Glieder zur Höhenanhebung nach *Abb. 22a* oder auch ein linearer Durchlaß der Sägezahnschwingung bewirken eine Annäherung an den Klang der Streichinstrumente sowie der engen Lippenpfeifen der Orgel. Ein ausgesprochener Hochpaß nach Abb. 22b kann zur völligen Unterdrückung des Grundtones verwendet werden, wird aber nur selten benötigt.

Durch weitgehende Absenkung der oberen und somit Anhebung der tieferen Teiltöne (Abb. 22c) lassen sich Flötenregister und einige Holzblasinstrumente nachahmen. Ist die Absenkung der oberen Teiltöne nicht so sehr weitgehend, so erhält man Principalklangfarben. Legt man an ein solches Filter eine Rechteckschwingung an, so entsteht das Klangbild von gedackten Orgelregistern.

Die Rechteckschwingung kann man übrigens recht einfach aus der Sägezahnschwingung erzeugen, indem man etwa zum 8' den 4' mit halber Amplitude, jedoch umgekehrter Phasenlage, zufügt (siehe Kapitel 2.4.5).

Der Frequenzgang und damit die Wirksamkeit der verschiedenen Filter läßt sich durch geeignete Dimensionierung der Einzelteile weitgehend beeinflussen. Ferner ist es möglich, mehrere Glieder hintereinander zu schalten. Die Wirkung wird dann wesentlich stärker. Abb. 22d zeigt ein solches dreifaches R-C-Filter, das bei Anlegen einer Sägezahn- oder auch Rechteckschwingung ein praktisch sinusförmiges Tonsignal liefert, also die Obertöne so gut wie vollständig abschneidet und nur noch den Grundton durchläßt. Die Absenkung der Höhen beträgt übrigens 18 db pro Oktave, während ein einfaches R-C-Filter nur eine Absenkung von 6 db pro Oktave ergibt. Durch die oben erwähnte Abstufung der Entkopplungswiderstände bei den Tastenkontakten erreicht man trotzdem eine über die Klaviatur hin gleichbleibende Lautstärke. Dies gilt bei geeigneter Dimensionierung auch für die übrigen Filterarten.

Abb. 22e zeigt Schaltungen, die ein bestimmtes Formantgebiet anheben. Es entstehen typische Formantspitzen in der Durchlaßkurve und somit eigenartige Klangwirkungen. Unter anderem läßt sich der Näselformant (s. Kapitel 1.6.2) erzeugen. Mit einer Sägezahnschwingung kann man z.B. Fagott,

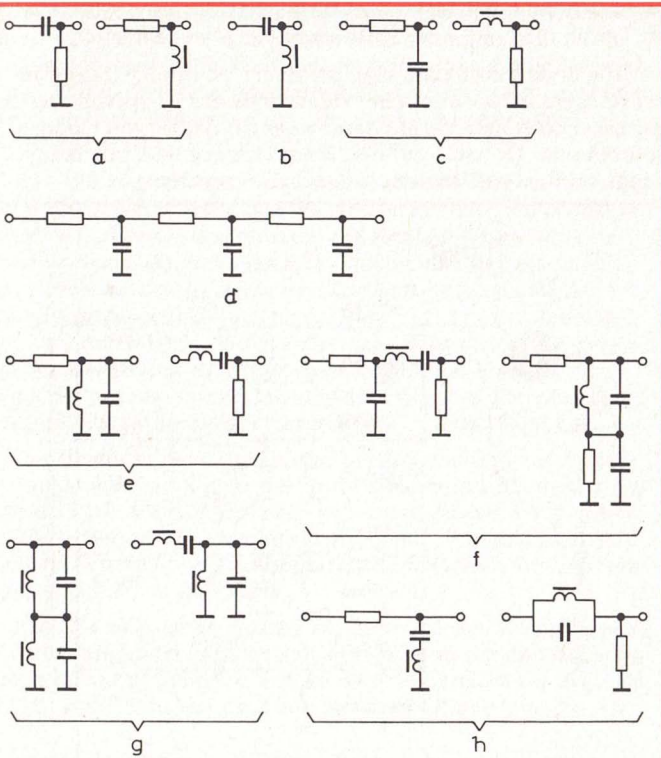


Abb. 22. Filterschaltungen. Der Eingang liegt links, der Ausgang rechts

Schalmei, Oboe, Trompete usw. nachahmen, mit einer Rechteckschwingung die Klarinette. Für Holzbläserklänge wird oft auch eine zusätzliche Tiefenanhebung (Abb. 22f) oder ein weiterer, anders abgestimmter Resonanzkreis (Abb. 22g) zugeschaltet.

Abb. 22h zeigt Filter, die bestimmte Formantgebiete nicht anheben, sondern schwächen; sie dienen zur Nachahmung des stationären Klanges einiger Blechblasinstrumente, sind aber nicht unbedingt erforderlich. Die Trompete läßt sich z.B. bes-

ser durch ein hochgestimmtes Resonanzfilter nach Abb. 22e in Verbindung mit einer Höhenanhebung nachahmen.

Alle diese Filter kann man bei Bedarf in ihrer Wirkung abschwächen, indem ohmsche Widerstände zur Überbrückung des ganzen Filters, zur Verminderung des Einflusses von Kondensatoren oder Drosseln auf den Frequenzgang oder zur Dämpfung von Resonanzkreisen beigeschaltet werden.

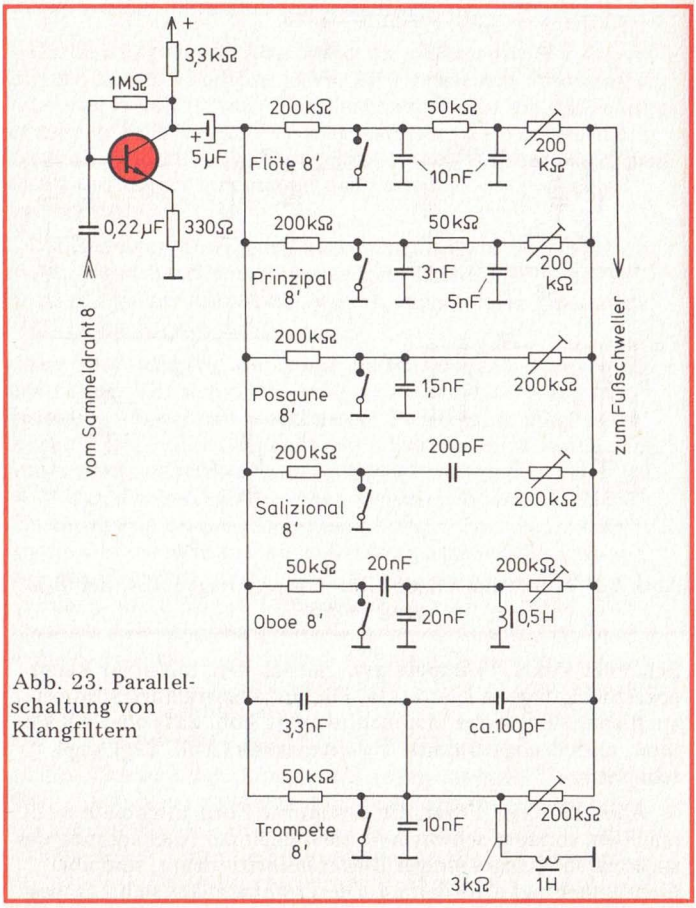


Abb. 23. Parallelschaltung von Klangfiltern

Da die Orgel verschiedene Klangmöglichkeiten bieten muß, die verschiedenen Register jedoch nicht nur einzeln, sondern auch in den verschiedensten Kombinationen gebraucht werden, wobei sich die Wirkung addieren muß, baut man stets mehrere Filter der verschiedensten Art ein. Hierbei ist entweder Parallel- oder Hintereinanderschaltung möglich.

Abb. 23 zeigt das erste Verfahren, also die Parallelschaltung von Filtern. Sie wird bei den meisten elektronischen Orgeln angewandt und bietet den Vorteil, daß sich die Wirkungsweise am einfachsten überschauen läßt. Sie hat aber den Nachteil, daß Vorverstärker zwischen den Tastenkontakten und der Klangformung erforderlich sind. Diese Verstärkerstufen werden für jede Fußlage einmal gebraucht. Daher entsteht, insbesondere bei großen elektronischen Orgeln, ein hoher Aufwand. Ferner sind vor und nach jedem Filter je ein spezieller Entkopplungswiderstand erforderlich.

Der Verfasser bevorzugt daher bei den von ihm entwickelten elektronischen Orgeln die Hintereinanderschaltung der einzelnen Filter. Sie ist elektrisch der erstgenannten Art gleichwertig, erfordert jedoch weniger Aufwand. Vorverstärker sind nicht erforderlich, an Entkopplungswiderständen wird nur ein Stück pro Fußlage gebraucht.

Abb. 24 zeigt einen Auszug aus einer solchen Klangformung. Ein Vorwiderstand kann entfallen; er wird durch den Entkopplungswiderstand gebildet, der vor dem Tastenkontakt liegt. Damit hat man nicht nur die Lautstärkenverteilung über die Kla-

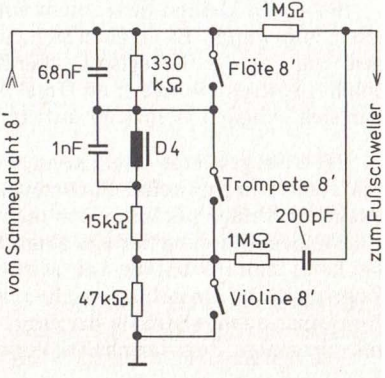


Abb. 24. Serienschaltung von Klangfiltern

viatur hin im Griff, sondern kann bei richtiger Dimensionierung auch die Wirkung des Filters hinsichtlich des Klangfarbenverlaufs über die Klaviatur hin günstig beeinflussen.

Die Registerschalter müssen im Gegensatz zu parallel geschalteten Filtern geöffnet sein, wenn das betreffende Filter wirksam werden soll. Sind alle Schalter geschlossen, so gelangt kein Ton zum Ausgang der Klangformung. Wird jedoch z.B. das Flötenregister eingeschaltet, so gelangen die tiefen Töne relativ ungeschwächt zum Ausgang, während die höheren mehr oder weniger kurzgeschlossen werden. Schaltet man das Trompetenregister ein, so wird ein Resonanzkreis wirksam, gebildet aus Drossel und Kondensator. Außerdem bewirkt der zusätzliche Widerstand, daß ein kleiner Anteil des ungeschwächten Sägezahnklangbildes hinzugefügt wird. Dadurch wirkt die Trompetenklangfarbe noch echter. Beim Einschalten der Violine wird ebenfalls die Sägezahnschwingung unbeeinflußt durchgelassen. Zusätzlich wird jedoch über den kleinen Kondensator 200 pF eine Höhenanhebung erreicht.

Auf entsprechende Weise können praktisch sämtliche Klangfarben bis hin zu Sinusschwingungen leicht erzeugt werden. Schaltet man mehrere Register gleichzeitig ein, so addieren sie sich einwandfrei in ihrer Wirkung, ohne daß sie sich gegenseitig beeinflussen. Voraussetzung ist allerdings, daß die Entkopplungswiderstände vor den Tastenkontakten und hinter den Filtern wesentlich größer sind als der innere Widerstand der Filter selbst.

Bei einem kleinen Instrument wird das selektive Verfahren allein angewandt. Es ergeben sich dann zahlreiche Klangwirkungen vom Typ der 8'-Register. Allerdings kann, wie erwähnt, ein solches Instrument kaum als Orgel bezeichnet werden. Es ergeben sich lediglich vielfältige Instrumentalklangfarben.

Bei einer größeren Orgel kann, wie bei der Hammond-Orgel mit elektromagnetischer Tonerzeugung, das additive Verfahren allein verwendet werden, wenn man sich wie dort auf die Lautstärkenbeeinflussung der einzelnen Fußlagen beschränkt. Hierbei kann man sowohl die Lautstärke der einzelnen Chöre mit Zugriegeln frei einstellbar machen, als auch bestimmte feste Kombinationen innerhalb der Orgel zusammenschalten und mit nur einem Registerschalter versehen, der dann einen Namen,

wie z.B. Prinzipal oder Trompete erhält. In beiden Fällen lassen sich sehr schöne *Orgelklangfarben* verschiedenster Art erzielen, jedoch keine ausgesprochenen Instrumentalklangfarben, wie z.B. Trompete, Fagott, Klarinette, Violine usw. Das gleiche gilt für die meisten Pfeifenorgelregister. Dies hat seinen Grund darin, daß man bei vertretbarem Aufwand nur relativ wenig Teiltöne zusammenfügen kann, maximal etwa zehn bis fünfzehn. Herkömmliche Musikinstrumente und Pfeifenorgelregister enthalten jedoch bis zu 150 und mehr Obertöne.

Für hochwertige elektronische Orgeln, die allen Ansprüchen gerecht werden sollen, empfiehlt der Verfasser seit jeher die Kombination des selektiven und des additiven Verfahrens. Hierzu wendet man zwar die additive Methode an, benutzt aber für die einzelnen Teiltöne bzw. Fußlagen obertonreiche Schwingungen und formt die Tonsignale der einzelnen Fußlagen für sich nach der selektiven Methode mit Filtern. Das entstehende Klangbild ist von überlegener Schönheit, sofern die Anzahl der Fußlagen genügend groß und die Filter richtig ausgewählt sind. Dieses Prinzip entspricht ungefähr dem der Pfeifenorgel, deren Teiltonregister ebenfalls einen eigenen Obertongehalt und eigene Klangfarben besitzen. Es bietet darüber hinaus hervorragende Möglichkeiten für die leichte Musik.

Weitere Verfahren zur Beeinflussung des Obertongehaltes sind bekannt und lassen sich mit der additiven und der selektiven Methode kombinieren. So ist es zum Beispiel möglich, aus zwei Sägezahnschwingungen eine Rechteckschwingung zu erzeugen. Die eine der Sägezahnschwingungen liegt eine Oktave höher. Sie wird mit 180° Phasenverschiebung und in halber Amplitude der anderen zugefügt. Dabei werden die geradzahligen Harmonischen des unteren Tones ausgelöscht, da sie mit den Teiltönen des oberen zusammenfallen, welcher somit ebenfalls verschwindet. Das Verfahren eignet sich auch für ein Gemisch aus mehreren gespielten Tönen; es braucht also nicht für jeden Ton einzeln angewandt zu werden. Erforderlich sind ein Satz Tastenkontakte für die Oktaven, der meist ohnehin vorhanden ist, eine Phasenumkehrstufe und ein Spannungsteiler.

Dieses Verfahren ist sehr zu empfehlen. Es wird bei den Dr.-Böhm-Orgeln im Bausatz *Spezialeffekte* angewandt (s. Kapitel 2.4.5) und erfordert hier so gut wie keinen zusätzlichen Auf-

wand, fällt also praktisch kostenlos mit an. Durch einen einfachen Schalter werden alle 8'-Register von Sägezahnklang auf Rechteckschwingung umgeschaltet. Man erhält also auf einfache Weise viele zusätzliche Klangfarben. Da die Rechteckschwingung nur zur Nachahmung einiger Instrumentalklangfarben gebraucht wird, nicht aber für einen vollen Orgelklang, genügt es völlig, wenn man sich hierbei auf eine Fußlage beschränkt. Will man eine mehrchörige Registrierung, also mehrere Fußlagen gleichzeitig einschalten, so ist das Klangbild bei Verwendung der Sägezahnschwingung wesentlich klangschöner, als wenn man Rechteckschwingungen verschiedener Fußlage zusammenfügen würde. Für eine einzelne Fußlage ist jedoch die zusätzliche Rechteckschwingung eine interessante und klangschöne Bereicherung.

Zur Bezeichnung der Register verwendet man in der Regel dieselben Namen, die von der Pfeifenorgel her bekannt sind, sowie zusätzlich natürlich auch die Angabe der Fußlage. Dies bedeutet keineswegs, daß die betreffende Orgel nur oder vorwiegend für ernste Musik bestimmt ist. Bei Gebrauch des Vibratos und anderer geeigneter Effekte läßt sich auch die leichte Musik genau so gut darbieten. Die althergebrachten Bezeichnungen haben den Vorteil, daß sich sowohl versierte Musiker als auch Laien rasch zurechtfinden. Ferner ist es eine Tatsache, daß die Klangbilder, die das Ohr für ernste Musik als angenehm empfindet, auch für die leichte Musik eine optimale Wirkung haben, wenn die entsprechenden Zusatzeffekte verwendet, der Fußschweller richtig gebraucht und überhaupt entsprechend gespielt wird.

In den Grundzügen gelten also für beide Musikrichtungen die gleichen Gesichtspunkte bei der Disposition, also der Auswahl der Register für eine elektronische Orgel. Erst im Detail ergeben sich Spezifizierungen.

Insbesondere die 8'-Lage wird für Instrumentalklangfarben häufig gebraucht. Sie ist daher in der Regel mit mehr Registern ausgestattet als die übrigen Fußlagen. Man sollte allerdings eine Orgel nicht mit 8'-Registern überladen. Auch die tieferen und insbesondere die höheren Fußlagen sind sehr wesentlich. Die Obertonregister in Oktavlage, also 4', 2' und 1', besitzen eine reine, aufhellende und verstärkende Wirkung. Sehr wichtig sind auch die Aliquoten, also Quinten, Terzen usw., die mit gebro-

chenen Zahlen versehen werden. Sie wirken auf das Klangbild stark würzend, in den höheren Lagen ebenfalls zusätzlich aufhellend. Besonders wertvoll sind die sehr hohen Fußlagen, sie verleihen nämlich erst der Orgel jenes hohe Maß von Klangqualität, das durch seine Schönheit jedermann begeistert und auch auf die Dauer befriedigt.

1.6.6 Mehrkanalige Wiedergabe

Schon bevor die Stereophonie bei Schallplatte und Rundfunk bekannt wurde, hat sie der Verfasser in seinen elektronischen Orgeln angewandt und für diesen Zweck weiter empfohlen. Diese Methode ergibt sehr gute Klangwirkungen. Hierbei führt man die einzelnen Teilkanäle der Klangformung, z.B. die Register des Obermanuals und des Untermanuals, am Ausgang der Klangformung nicht zusammen, sondern läßt sie getrennt. Man schaltet sie auf eigene Verstärker und getrennt aufgestellte Lautsprecher, so daß das abgestrahlte Klangbild besonders plastisch und durchsichtig wird. Eine solche Abstrahlung entspricht ja auch der Pfeifenorgel, bei der die einzelnen Werke (Obermanualregister, Untermanualregister usw.) ebenfalls räumlich getrennt aufgestellt sind. Auch für leichte Musik ist dieses Verfahren optimal. Natürlich kann man auch noch weiter gehen. Bei sehr hochwertigen Instrumenten verwendet man nicht nur zweikanalige, sondern drei- und mehrkanalige Wiedergabe. Man kann z.B. auch das Pedal, die Spezialeffekte, das Schlagzeug, den BÖHMAT usw. auf eigene Kanäle legen und getrennt abstrahlen. Wenn auch dieser Aufwand nicht übertrieben zu werden braucht, so erreicht man doch bei sinnvoller Anwendung dieses Prinzipes optimale Klangeffekte.

Nur, wenn wenig Platz vorhanden ist, wird man die Lautsprecher der einzelnen Kanäle in das Orgelgehäuse einbauen. Wesentlich besser ist es, zusätzliche Lautsprecherboxen aufzustellen. Hierbei findet man auch leichter Stellen im Raum, die sich für die Abstrahlung besser eignen. Die übliche Anordnung der Lautsprecher im Unterteil der Orgel ist übrigens gar nicht einmal besonders günstig. Da die mittleren und hohen Töne mehr oder weniger stark gebündelt abgestrahlt werden, treffen sie in Wohnräumen häufig eine Polstergarnitur, bei Orgelvorführungen in Musikgeschäften und auf Messen die Körper der

herumstehenden Zuhörer, so daß sie weitgehend verschluckt werden. In einer Kirche werden die nahe Sitzenden diese Töne besonders laut empfinden, die Entfernteren mehr oder weniger geschwächt, so daß ein stumpfes, dunkles und lebloses Klangbild entsteht. Stellt man jedoch die Lautsprecher etwas entfernt von der Orgel *günstig* auf, so vermeidet man diese Nachteile. Man kann den Schall auch auf eine reflektierende Fläche oder gar auf die Decke des Raumes richten, so daß er weitgehend zerstreut wird und auch weiter hinten gut wahrgenommen wird.

1.6.7 Freie Kombinationen

Bei der Pfeifenorgel versteht man unter Freier Kombination eine zusätzliche Reihe von Registerschaltern, mit denen die in der Orgel vorhandenen Register nochmals eingeschaltet werden können. Mit Hilfe eines einzigen Umschalters kann man von der einen Reihe auf die andere wechseln. Man kann sich also mit den Hauptregistern eine bestimmte Registerkombination zusammenstellen, mit den Schaltern der freien Kombination eine weitere. Damit kann man den Klang leicht wechseln. Da bei der Pfeifenorgel die Register sehr teuer sind, werden hier für die freie Kombination stets die gleichen Register verwendet, wie für die Hauptregistrierung. Mitunter werden auch mehrere Freie Kombinationen eingebaut.

Bei der Elektronenorgel kann man den gleichen Weg gehen. Besser und zugleich preiswerter ist es jedoch, die Schalter für die Freie Kombination nicht auf die gleichen Register wirken zu lassen, die ohnehin schon vorhanden sind, sondern auf neue, zusätzliche Register. Bei der Pfeifenorgel wäre dies wesentlich teurer, bei der Elektronenorgel ist es billiger und bringt zusätzliche Klangmöglichkeiten. Man baut also praktisch zwei Klangformungen für ein Manual ein und schaltet mit einem Schalter von der einen auf die andere Klangformung um. Damit kann man auch während eines Musikstückes die Klangfarbe rasch wechseln und braucht hierzu nicht in kürzester Zeit viele Registerschalter zu betätigen, sondern nur den einen Umschalter "Hauptregister - Freie Kombination" zu betätigen.

Auch wenn eine solche Freie Kombination weniger Register enthält als die Hauptregistrierung, ist sie eine sehr wertvolle

Spielhilfe. Wesentlich ist auch hier, daß zahlreiche Fußlagen und eine gute Klangkrone mit hohen Obertonregistern vorhanden sind.

Eine optimale, freie Kombination wurde erstmals in der Orgel Professional 2000 des Verfassers verwirklicht: ein frei programmierbarer Klangspeicher-Computer für alle Register- und Effektschalter mit 32 Programmen und LED-Anzeigen. Jede beliebige Klangkombination der Orgel kann per Knopfdruck abgespeichert und ebenso rasch per Knopfdruck wieder abgerufen werden. Mittels neuartiger EAROM-IC's lassen sich auf diese Weise 32 verschiedene Soundmischungen abspeichern. Der Speicherinhalt bleibt auch bei Netzausfall erhalten, ohne daß eine Pufferbatterie erforderlich ist, und kann beliebig oft geändert werden.

Die 32 gespeicherten Programme lassen sich mit den 32 Tasten einer modernen Tipp-Elektronik blitzschnell abrufen, so daß sehr rasche Klangwechsel ohne Umregistrieren möglich sind. Leuchtdioden an den Tipp-Tasten, Registerschaltern und Effektschaltern zeigen genau an, was gerade eingestellt ist bzw. erklingt. Das ist für eine gute Übersicht und eventuelle Korrekturen wichtig und auch optisch interessant. Der Selbstbau wird durch Steckkarten- und Steckkabel-Technik besonders einfach.

Dieser frei programmierte Klangspeicher-Computer stellt eine optimale und sehr wertvolle Spielhilfe dar.

1.6.8 Feste Kombinationen

Feste Kombinationen dienen ebenfalls dem Zweck, die Klangfarbe rasch wechseln zu können. Die Register der Klangfarbe, auf die man umschalten will, sind hierbei jedoch nicht frei wählbar, sondern vom Erbauer der Orgel im voraus festgelegt. Die feste Kombination ist zwar auch eine wertvolle Spielhilfe, jedoch bei der Pfeifenorgel nicht so beliebt wie die freie Kombination. Für eine Selbstbauorgel hat jedoch auch die feste Kombination ihre Berechtigung, weil hier der Spieler der Orgel in der Regel auch gleichzeitig der Erbauer ist oder mit diesem in engerem Kontakt steht. Man kann also die Register, die man nach einigem Gebrauch der Orgel in ihrem Zusammenklang als besonders klangschön empfindet, leicht auch nachträglich auf eine solche feste Kombination schalten. Hierzu empfiehlt

es sich, die erforderlichen Filter zusätzlich einzubauen. Der Aufwand an Schaltvorrichtungen wird dadurch wesentlich geringer.

Freie und feste Kombinationen werden bei einer Orgel übrigens um so weniger erforderlich sein, je mehr Manuale vorhanden sind. Noch einfacher, als einen Schalter zu betätigen, ist es nämlich, mit der Hand auf ein anderes Manual zu greifen.

1.6.9 Koppeln

Koppeln sind insbesondere bei der Pfeifenorgel gebräuchlich. Bei der Elektronenorgel findet man sie aus unten erwähnten Gründen seltener. Sie gestatten, die Register, die einem bestimmten Manual zugeordnet sind, auch auf einem anderen Manual spielbar zu machen. Entsprechendes gilt natürlich auch für das Pedal. Betätigt man z.B. eine "Manualkoppel II-I", so erklingen auf dem Obermanual genau die Register, die man dort registriert hat. Auf dem Untermanual jedoch klingen nicht nur die Register, die man hierfür eingestellt hat, sondern zusätzlich die eingeschalteten Obermanualregister.

Der Grund dafür, daß man solche Koppeln einbaut, liegt darin, daß bei der Pfeifenorgel die Register sehr viel Geld kosten und daher häufig nicht in der gewünschten Anzahl vorhanden sind. Um wenigstens auf einem Manual mehrere Register verfügbar zu haben, wird die Koppel betätigt. Man handelt sich dann aber den Nachteil ein, daß man auf dem Obermanual das registrieren muß, was man zusätzlich nach unten koppeln will. Man kann also das Obermanual nicht mehr frei verwenden. Solche Koppeln sind, wie auch in der Fachliteratur häufig dargelegt, ein Behelf. Besser wäre es auch bei der Pfeifenorgel, zahlreichere Register einzubauen.

Bei der elektronischen Orgel sollte man lieber auf Koppeln verzichten. Es ist hier nämlich besonders einfach, die genügende Zahl von Registern für jedes Manual einzubauen, wenn von den Tastenkontakten her die entsprechenden Fußlagen vorhanden sind. Die Orgeln des Verfassers enthalten aus diesen Gründen stets eine reichhaltige Anzahl von Registern. Solchen Interessenten, die trotzdem nach Koppeln fragen, empfiehlt der Verfasser, statt Koppeln lieber noch mehr Register einzubauen. Dies wäre einfacher, allerdings kaum erforderlich.

1.6.10 Registerschalter

Man unterscheidet u.a. Zungenschalter und Wippenschalter. Bei Zungenschaltern ragt aus dem Spieltisch eine flache Zunge hervor, die zur Betätigung des Schalters nach oben oder unten bewegt werden muß. Diese Form ist besonders in Amerika gebräuchlich.

In Europa bevorzugt man überwiegend die Wippenschalter. Hier erfolgt die Betätigung durch eine Drückerplatte. Drückt man auf den oberen Teil dieser Platte, wird das Register ausgeschaltet, drückt man auf den unteren Teil, ist es eingeschaltet.

Registerschalter dienen also dem direkten Ein- und Ausschalten von Klangfarben. Eine Ausnahme ist von der Yamaha-Orgel her bekannt sowie auch vom Verfasser in einer früheren Auflage dieses Buches beschrieben worden. Hierbei erfolgt das Ein- und Ausschalten nicht plötzlich, sondern kontinuierlich oder in mehreren Teilstufen, so daß man das betreffende Register in verschiedener Lautstärke wählen kann. Der Verfasser benutzt jedoch, wie auch andere Konstrukteure, dieses Verfahren nicht mehr, sondern empfiehlt, die Lautstärken der einzelnen Register nach musikalischen Gesichtspunkten von vornherein optimal festzulegen. Darüber hinaus können die im nächsten Kapitel erwähnten Sinus-Universalzugriegel zur Lautstärkenbeeinflussung der einzelnen Register mit herangezogen werden.

1.6.11 Zugriegel

Von der Hammond-Orgel her seit vielen Jahrzehnten bekannt sind die sogenannten *Sinuszugriegel.* Mit ihnen können die einzelnen Fußlagen, die ihrerseits aus Sinusschwingungen bestehen, in ihrer Lautstärke verändert werden, und zwar meist in acht verschiedenen Stufen zwischen Null und Voll. Es handelt sich also, wie oben beschrieben, um eine rein additive Klangformung. Links liegen die Zugriegel für 16' und 5 1/3'. Sie haben braune Farbe. Nach rechts schließen sich die Zugriegel der übrigen Fußlagen, nach Tonhöhen geordnet, an. Die Oktavlagen haben weiße, die Aliquoten schwarze Riegel.

Solche Sinuszugriegel werden in letzter Zeit auch bei elektronischen Orgeln verwendet. Die erforderlichen Sinusschwingungen werden am einfachsten durch je ein Mehrfachfilter pro Fuß-

lage erzeugt. Dieser Weg führt bei entsprechender Abstufung der Entkopplungswiderstände in den Tastenkontakten (Kapitel 1.5.4) zu guten Klangergebnissen. Aufwendiger ist die Unterteilung der Sammeldrähte in Einzelabschnitte (Kapitel 1.5.4), so daß man sie z.B. oktavweise über getrennte Filter leiten kann. Eine optimale Lösung zur Erzeugung reiner Sinusschwingungen bietet ein Generator-Zusatz [4], mit dem die Ausgänge des Sägezahn/Rechteck-Generators durch integrierte Mehrfach-Operationsverstärker und integrierte aktive Klangfilter auf absolut reinen Sinus umgeschaltet werden können. Dies ergibt weitere rasche Klangwechselmöglichkeiten (siehe Kapitel 1.2.4). Auf Wunsch kann auch der von reinen Sinus-Orgeln her bekannte "Patsch" beim Tastenanschlag zugeschaltet werden.

Noch mehr Möglichkeiten bieten die vom Verfasser entwikkelten *Sinus-Universal-Zugriegel.* Sie lassen sich nämlich von normalen Sinus-Zugriegeln auf Universalriegel umschalten. Im ersten Fall wirken sie auf die extrem obertonarmen Sinusschwingungen, im zweiten auf die verschiedensten, mit den Registern einstellbaren Klangfarben. Außerdem können sie auch die Stärke der auf Spezialeffekte geschalteten Fußlagen beeinflussen.

Ebenfalls wertvoll sind die in diesem Zusammenhang herausgebrachten *Sonderzugriegel.* Sie dienen anstelle von Drehknöpfen zur Bedienung des Vibratos, des Schlagzeugs und sonstiger Zusatzeffekte sowie zur Lautstärkeneinstellung einzelner Manuale usw. Diese Methode ist sehr elegant, platzsparend, übersichtlich und besonders leicht zu bedienen. Diese Sonderzugriegel sind in der *Abb. 25* dargestellt und wegen ihrer vielen Vorteile sehr zu empfehlen [4].

Empfehlenswert ist die Anordnung aller Zugriegel auf den Seitenbrettchen neben den Klaviaturen. Sie gestattet eine leichte Bedienbarkeit, weil die Hand hierzu auf dem Brettchen aufliegen kann. Frei oberhalb der Klaviaturen herausragende Zugriegel sind weniger zweckmäßig, denn sie lassen sich schwieriger einstellen und bedingen eine höhere Bauform, die das Gehäuse weniger elegant macht.

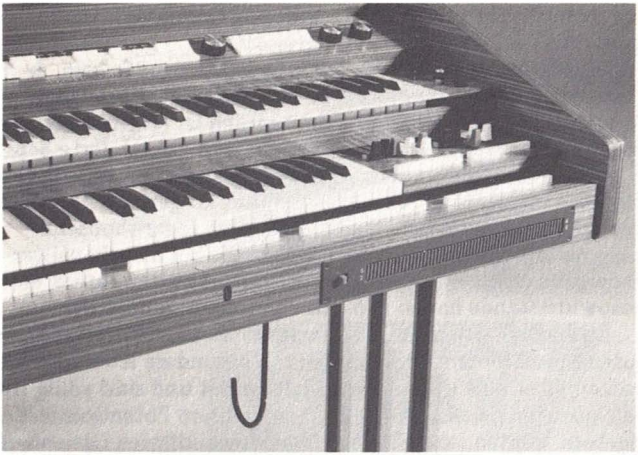


Abb. 25. Registerschalter, Sonderzugriegel, Drucktastenschalter, Rollklaviatur für Harfenglissando und Knieschweller für Formantglissando (von oben nach unten gesehen)

1.7 Schweller

Schweller dienen zur Lautstärkeeinstellung der ganzen Orgel oder bestimmter Teilkanäle, z.B. einzelner Manuale. Man unterscheidet *Handschweller*, *Knieschweller* und *Fußschweller*.

Als Handschweller benutzt man normale Drehknöpfe, Flachbahnpotentiometer oder auch die neuen Sonderzugriegel nach Kapitel 1.6.11. Es ist empfehlenswert, für jede Registergruppe, also die einzelnen Manuale und das Pedal, einen solchen Handschweller vorzusehen. So lassen sich die Lautstärken von Melodie und Begleitung aneinander anpassen und Sprünge beim Übergreifen auf ein anderes Manual vermeiden. Aus demselben Grund müssen auch für Zusatzeffekte, elektronisches Schlagzeug usw. eigene Vorrichtungen zur Lautstärkeeinstellung vorgesehen werden.

Knieschweller laut Abb. 25 werden weniger zur Lautstärkeeinstellung verwendet, weil sie sich für leichte Musik infolge der Trägheit des Beines nicht rasch genug betätigen lassen, son-

dern mehr für spezielle Effekte, z.B. das Formantglissando laut Kapitel 2.7.

Ein Fußschweller sollte in jeder Orgel vorhanden sein. Je nach Gehäuseausführung braucht man freistehende Ausführungen oder Einbauschweller. Sehr wesentlich ist eine mechanisch robuste, zuverlässige Konstruktion. Einfach konstruierte Schweller besitzen häufig Photowiderstände zur Lautstärkenbeeinflussung, weil der mechanische Aufwand hierfür geringer ist. Dabei ist es aber kaum möglich, eine einwandfrei logarithmische Kurve bis zur Lautstärke Null herab sowie bei mehrkanaliger Wiedergabe einen einwandfreien Gleichlauf zu gewährleisten. Photowiderstände haben nämlich zu große Exemplarstreuungen. Deshalb empfiehlt der Verfasser Fußschweller mit eingebauten Spezialpotentiometern. Durch besondere Konstruktion besitzen diese eine unbegrenzte Haltbarkeit und sind völlig frei von Nebengeräuschen. Auch können mehrere Potentiometer eingebaut werden, so daß man einen einwandfreien Gleichlauf erzielt. *Abb. 26* zeigt Fußschweller zum Einbau und für separate Aufstellung, *Abb. 27* einen Blick in das Innere. Man erkennt das über ein Gestänge angetriebene Potentiometer, zwei freie Stellen für weitere Potentiometer und das großflächige Lager mit einstellbarer Bremse.

Die vom Verfasser empfohlenen Schweller besitzen ferner eine zusätzliche, beidseitige Kippbewegung. Beim Kippen des Fußes nach links wird der Hawaiieffekt betätigt, nach rechts das Magische Vibrato. Die Bremswirkung des Schwellers und die Leichtgängigkeit der beidseitigen Kippbewegungen können mit Schrauben persönlichen Wünschen angepaßt werden.

1.8 Verstärker

Das von der Klangformung abgegebene Tonsignal gelangt über den Fußschweller zum Eingang des Verstärkers. Man verwendet heute fast durchweg Transistorverstärker. Wichtig ist ein hochohmiger, empfindlicher Eingang, damit man in der Klangformung ohne zusätzliche Verstärkerstufen auskommt. Auch soll die abgegebene Leistung nicht zu gering sein, weil jede originalerzeugte Musik, die nicht in einem Studio über Dynamikbegrenzer gelaufen ist, relativ hohe Lautstärkespitzen enthält, die zwar den Lautstärkeeindruck nicht wesentlich er-

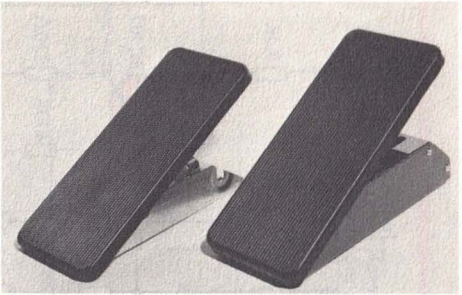


Abb. 26. Einbau-Fußschweller und freistehende Ausführung

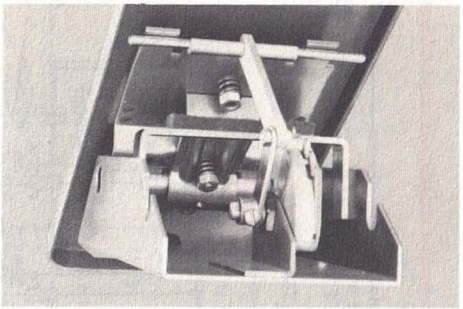
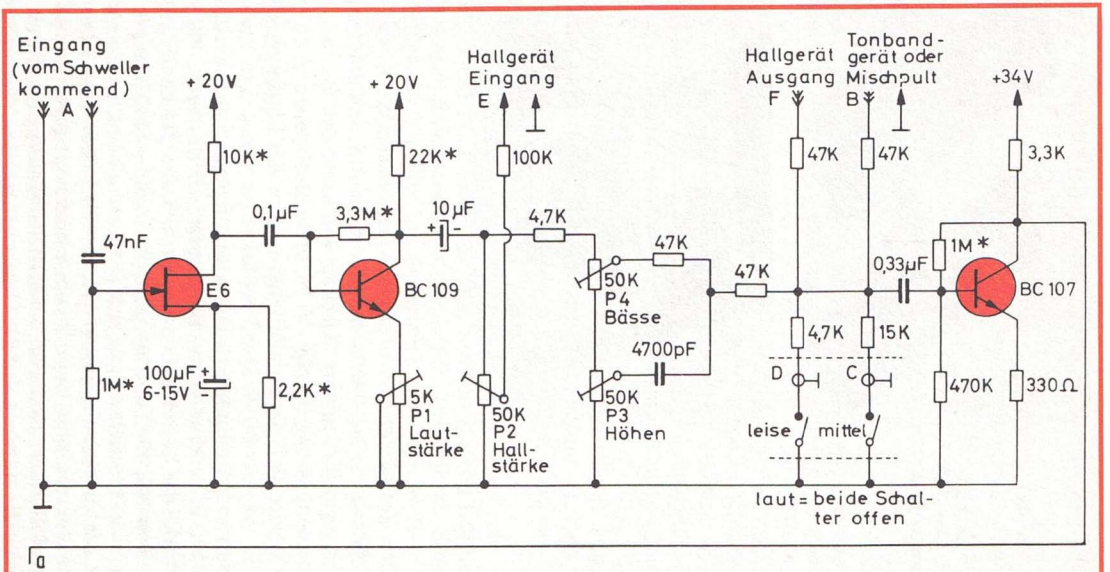


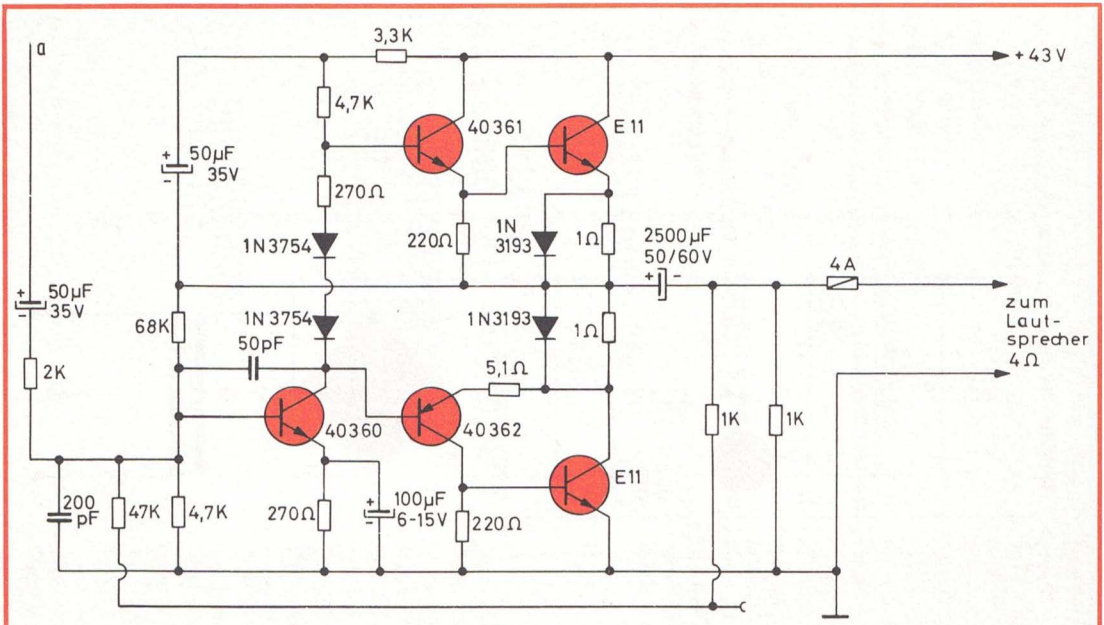
Abb. 27. Innenansicht des Fußschwellers

höhen, den Verstärker aber unverzerrt passieren müssen.

Abb. 28 zeigt einen Verstärker, der für kleine und mittlere Räume, ja sogar für kleinere Kirchen voll ausreicht. Seine Sinusdauertonleistung beträgt 25 W, seine Musikleistung 35 W. Letztere erhöht sich bei Parallelschaltung zweier Lautsprecher von je 4 Ω auf über 60 W. Der Verstärker ist robust und zuverlässig. Die vier Trimmpotentiometer sind lediglich nach Gehör einzustellen. P 1 verändert die Eingangsempfindlichkeit, P 2 die Hallstärke des betreffenden Kanals, P 3 und P 4 den Klang. Ferner lassen sich ein Tonbandgerät (Aufnahme und Wiedergabe) oder ein spezielles Mischpult [4] anschließen. Letzteres erweitert die zweikanalig ausgelegte, also mit zwei Verstärkern versehene elektronische Orgel zu einer hochwertigen HiFi-Stereoanlage. Mit zwei Schaltern, bei Mehrkanalauslegung durch einen Vielfachschalter, kann die Gesamtlautstärke leise, mittel


Eingang
(vom Schweller
kommend)
A
+ 20V
+ 20V
Hallgerät
Eingang
E
Hallgerät
Ausgang
F
Tonband-
gerät oder
Mischpult
B
+34V
10K*
22K*
100K
47K
47K
3,3K
0,1µF
3,3M*
10µF
4,7K
47nF
E6
BC 109
50K
P4
Bässe
47K
47K
0,33µF
1M*
BC 107
4700pF
4,7K
15K
1M*
100µF
6-15V
2,2K*
5K
P1
Laut-
stärke
50K
P2
Hall-
stärke
50K
P3
Höhen
D
C
470K
330Ω
leise
mittel
laut = beide Schal-
ter offen
a

zu Abb. 28


a
3,3K
+43V
4,7K
40361
E11
50µF
35V
270Ω
1N3754
220Ω
1N
3193
1Ω
2500µF
50/60V
4A
50µF
35V
68K
1N 3754
1N3193
1Ω
zum
Laut-
sprecher
4Ω
50pF
2K
5,1Ω
40360
40362
1K
1K
E11
200
pF
47K
4,7K
270Ω
100µF
6-15V
220Ω

zu Abb. 28

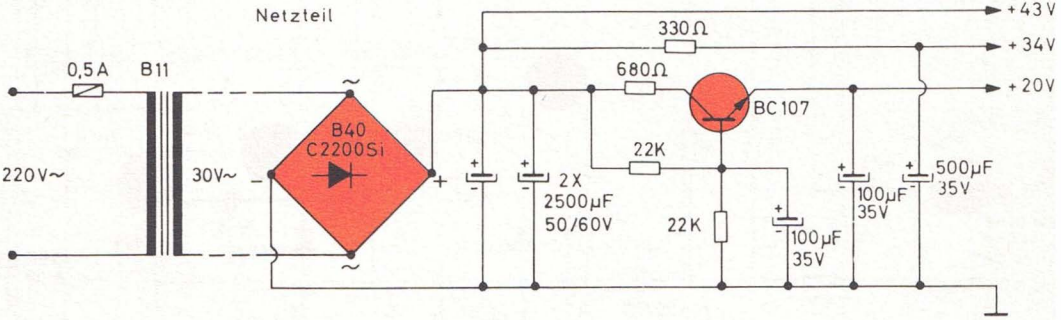


Abb. 28. Transistorverstärker mit 25 Watt Sinusdauertonleistung für elektronische Orgeln

oder laut eingestellt werden, um z.B. auch beim abendlichen Spiel den vollen Drehwinkel des Fußschwellers auszunutzen.

Ein ähnlicher Verstärker ist mit 110 W Sinusdauertonleistung bzw. 150 W Musikleistung ebenfalls als Bausatz mit Druckschaltung und genauer Bauanleitung erhältlich [4]. Er besitzt eine integrierte Treiber- und Endstufe mit Kurzschluß- und Übertemperatur-Sicherung und eignet sich auch für große Kirchen und Säle sowie für jede Art von Tanzveranstaltungen. Beide Verstärker wurden speziell für die hier empfohlenen elektronischen Orgeln entwickelt, lassen sich jedoch auch anderweitig vielfach einsetzen. Dasselbe gilt für einen als Bausatz erhältlichen Stereo-Endverstärker [4] mit integrierten Treiber- und Endstufen. Die Sinus-Dauerleistung beträgt 2 x 60 Watt, die Musikleistung 2 x 90 Watt an 4 Ohm bei einer Eingangsempfindlichkeit von 700 mV an 47 kΩ. Dieser Endverstärker läßt sich an das Hallgerät mit eigener Stromversorgung laut Kapitel 1.9 anschließen, an das oben erwähnte Mischpult oder an den Vorverstärker der Orgel Professional 2000 laut Kapitel 4.8.

1.9 Hallgeräte

Ein gutes Hallgerät ist für jede elektronische Orgel eine wertvolle Bereicherung. Der Klang sowohl ernster als auch leichter Musik wird erheblich verbessert. Es sollte daher bei keiner elektronischen Orgel fehlen und ist übrigens auch bei mehrkanaliger Auslegung derselben nur einmal erforderlich. Das hier empfohlene Hallgerät läßt sich nämlich auch an mehrere, in die Orgel eingebaute Verstärker gleichzeitig anschließen. Das verhallte Summensignal wird dann sämtlichen Verstärkern gleichmäßig wieder zugeführt, erklingt also aus mehreren Richtungen, wie dies auch beim natürlichen Nachhall der Fall ist. Der Hall braucht also nicht stereophon zu sein. Die Verstärker laut Abb. 28 bieten übrigens den Vorteil, daß die Hallstärke für jeden Kanal separat einstellbar ist. Dies ist z.B. wertvoll, wenn die Orgel ein elektronisches Schlagzeug laut Kapitel 2.9 besitzt. Das Schlagzeug klingt nämlich mit wenig Hall am besten, während die Manuale viel Hall erfordern.

Der Nachhall kann auf verschiedene Weise künstlich erzeugt werden. Nach dem Tonbandverfahren arbeitende Geräte scheiden hier aus, weil sie ein störendes Flatterecho erzeugen, des-

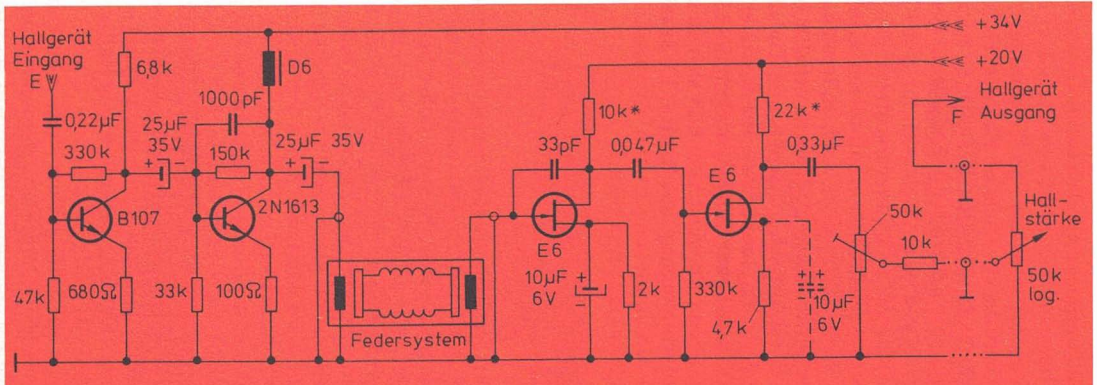


Abb. 29. Hallgerät mit Stromversorgung aus dem Verstärker

gleichen Studiohallgeräte, z.B. mit Hallplatten, wegen des zu hohen Preises. Am besten eignen sich Federsysteme, jedoch nur hochwertige, nicht zu billige Ausführungen. Letztere verschlechtern durch ihren unausgeglichenen Frequenzgang den Klang der Orgel.

Abb. 29 zeigt das Schaltbild eines zu den oben beschriebenen Verstärkern passenden hochwertigen Hallgerätes. Vor dem Eingang und hinter dem Ausgang des Spiralensystems liegt je ein zweistufiger Verstärker. Die Hallstärke und damit gleichzeitig die Halldauer können mit einem Drehknopf oder Zugriegel vom Spieler persönlichen Wünschen angepaßt werden. Die kleine Platine dieses Hallgerätes kann leicht an die Verstärkerplatine angeschraubt und über wenige Drahtbrücken mit dieser verbunden werden.

Neben der oben beschriebenen Ausführung ist eine weitere Type als Bausatz [4] erhältlich. Sie besitzt eine eigene Stromversorgung und zweikanalige, also stereo ausgelegte Verstärkerstufen. Sie sind ähnlich ausgelegt wie die Eingangsstufen des Verstärkers lt. Abb. 28. Diese Hallgerätausführung ist dann besonders empfehlenswert, wenn die Orgel an einen etwa schon vorhandenen Mono- oder Stereoverstärker angeschlossen werden soll. Zusätzlich lassen sich übrigens weitere Kanäle mit den oben beschriebenen Verstärkerbausätzen verwirklichen und mit an dieses Hallgerät anschließen.

Auch dieses Hallgerät bietet den Vorteil, daß die Hallstärke beider Kanäle separat eingestellt werden kann. Dies ist nicht nur bei zweikanaliger, sondern auch bei einkanaliger Abstrahlung günstig, wenn z.B. der Rhythmus-Anteil vom gleichen Lautsprecher wie die übrige Orgel abgestrahlt werden soll.

1.10 Lautsprecher

Die Frage der Schallabstrahlung ist für eine elektronische Orgel sehr wichtig und die Lautsprecher sollten sorgfältig ausgewählt werden. Nach der Ansicht des Verfassers gelten hierfür etwas andere Gesichtspunkte als bei HiFi-Anlagen. Selbstverständlich können die Lautsprecherboxen einer guten HiFi-Anlage ohne weiteres für die Orgel mit verwendet werden, insbesondere wenn die Gehäuse nicht zu klein sind und die Laut-

sprecher eine große Membranfläche besitzen. Wichtig sind auch ausreichende Belastbarkeit und guter Wirkungsgrad. Es hat sich aber gezeigt, daß Lautsprecherkombinationen, die für HiFi-Zwecke einen möglichst gradlinigen Frequenzgang aufweisen, für eine elektronische Orgel nicht immer das Optimum darstellen. Gewisse Unebenheiten im Frequenzgang, geringfügige Eigenresonanzen können sogar sehr vorteilhaft sein. Wenn die HiFi-Wiedergabe also nicht im Vordergrund steht, sondern Lautsprecher speziell für eine elektronische Orgel gesucht werden, sollte man ruhig von den für HiFi gültigen Grundsätzen abgehen und andere Maßstäbe anlegen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß eine Aufteilung des Frequenzgebietes über Frequenzweichen und somit die Verwendung spezieller Tief-, Mittel- und Hochtonlautsprechern nicht ratsam ist. Ein großer, breitbandig ausgelegter Lautsprecher bringt häufig bessere Ergebnisse. Spezielle Orgellautsprecher sollen eine ausreichende Belastbarkeit, hochwertige Magnete und damit einen guten Wirkungsgrad sowie eine große Membranfläche besitzen. Sie sollen ferner so ausgelegt werden, daß sie auch in offenen Gehäusen von größerem Volumen mit voller Leistung betrieben werden dürfen und dabei auch die Bässe noch ausreichend stark wiedergeben. Sie dürfen also nicht so weich gelagert sein, wie Tieftöner, die heute für HiFi-Boxen gebraucht werden. Der Durchmesser sollte mindestens 30 cm betragen. Töne um 30 Hz herum sollten noch einwandfrei abgestrahlt werden. Bei den höchsten Obertönen, über 10 000 Hz, kann der Frequenzgang leicht abfallend ausgelegt sein, weil die Orgel meist ohnehin reichlich Obertöne liefert und dieser Abfall bei Bedarf durch einen kleinen, billigen Hochtonlautsprecher, den man über einen Kondensator parallel schaltet, leicht ausgeglichen werden kann. Der Wirkungsgrad ist aus den im Kapitel 1.8 dargelegten Gründen für einen Orgellautsprecher wesentlicher als für HiFi-Zwecke.

Weitere Details sind von den einzelnen Orgeltypen abhängig sowie vom Geschmack des Konstrukteurs. Der Verfasser empfiehlt, nicht nur die messbaren physikalischen Eigenschaften eines Lautsprechers zu beachten, sondern bei der Auswahl daneben auch eine gehörmäßige Prüfung vorzunehmen. Er ging hierzu bisher immer den Weg, daß an eine Orgel eine größere Anzahl von in Frage kommenden, verschiedenartigen Lautspre-

chern über Umschalter angeschlossen wurde. Die Lautsprecher sitzen hierzu in völlig gleichartigen Gehäusen, die in einem möglichst schalltoten Raum im gleichen Abstand vom Hörer kreisförmig angeordnet sind. Die Orgel muß dazu auf verschiedenste Weise gespielt werden. Man prüft zunächst die einzelnen Tonbereiche für sich, danach aber auch im Zusammenklang. Da auch ein geschultes Ohr hinsichtlich seiner Kritikfähigkeit nach einiger Zeit ermüdet, sollte man diese Versuche an mehreren aufeinander folgenden Tagen wiederholen und darüber hinaus auch verschiedenartige Testpersonen mit hinzuziehen. Der Geschmack ist ja bekanntlich verschieden. Solche Prüfungen sind sicher sehr wichtig und gestatten Unterschiede zwischen den einzelnen Lautsprechern festzustellen, die sich z.B. durch kleine Differenzen im Frequenzgang oder im Einschwingverhalten bei tiefen Tönen äußern, bei Daten also, die meßtechnisch entweder nicht genau erfaßbar sind oder deren Bedeutung man rein theoretisch schlecht abwägen kann. So kann z.B. bei einer elektronischen Orgel eine Einschwingverzögerung der Lautsprechermembrane bei tiefen Tönen durchaus vorteilhaft sein, während sie für HiFi-Zwecke einen Nachteil darstellt.

Der Verfasser hat auf diese Weise das Ergebnis im Laufe der Zeit immer weiter verbessern können. Nach seinen Wünschen wurden ihm von den Lautsprecherherstellern besondere Mustertypen angefertigt, aus denen wiederum die geeignetesten ausgewählt werden konnten. Auf diese Weise wurden ausgesprochene Spezialtypen gezüchtet, die sich sehr gut für elektronische Orgeln eignen, auch stärkeren Belastungen zuverlässig standhalten und trotzdem relativ preiswert sind. Der Klang ist für den vorgesehenen Verwendungszweck optimal, eignet sich — insbesondere bei Zuschaltung geeigneter Hochtonsysteme — aber auch gut für allgemeine HiFi-Zwecke.

Die vom Verfasser empfohlenen Orgeln enthalten im Unterteil in der Regel vier Lautsprecheröffnungen. Zwei Öffnungen sind für große, breitbandige Lautsprecher bestimmt, zwei weitere für relativ kleine, ovale Hochtonlautsprecher. Drei Öffnungen sind durch hintergeschraubte Bretter abgedichtet. Im einfachsten Fall kommt man nämlich mit einem großen Lautsprecher aus. Zusätzlich kann über einen Kondensator ein Hochtöner parallel geschaltet werden. Sein Wert beträgt für Musikübertragung 3,3 μF oder mehr, für Schlagzeugwiedergabe 1 μF. Stellt man höhere Ansprüche, so können alle vier Lautsprecher

an einen Verstärker angeschlossen werden. — Auch stereophone Wiedergabe ist auf diese Weise möglich. Das Gehäuseunterteil besitzt hierfür eine mittlere Trennwand. Allerdings ist diese Methode für mehrkanalige Wiedergabe bei einer Orgel nicht der optimale Weg. Günstiger ist es, wie im Kapitel 1.6.6 beschrieben, die zusätzlichen Lautsprecher für mehrkanalige Wiedergabe separat aufzustellen.

Die oben angezeigten Wege dienen vorwiegend für elektronische Orgeln, die in Wohnräumen aufgestellt sind. In Kirchen wird man auf Lautsprecher, die im Gehäuseunterteil eingebaut sind, weitgehend verzichten und den Schall über große, separat aufgestellte Tonkabinette abstrahlen, in die dann zweckmäßigerweise mehrere Lautsprechersysteme einzubauen sind. Wichtig ist dies insbesondere für mehrkanalige Wiedergabe. Würden z.B. der Baßlautsprecher für das Pedal im Gehäuseunterteil eingebaut und die Manuale weiter entfernt vom Organisten aufgestellt werden, so führt dies in einer größeren Kirche dazu, daß der Organist die entfernten Lautsprecher weniger gut hört, somit die Lautstärke des Pedals zurücknimmt, wobei die entfernter sitzenden Zuhörer das Pedal weniger stark wahrnehmen würden. Diese Gesichtspunkte gelten jedoch nur in sehr großen Räumen, während in Wohnräumen das Pedal oder ein anderer Kanal ohne weiteres über im Unterteil angebrachte Lautsprecher abgestrahlt werden kann.

Für Tanzmusik-Veranstaltungen gelten wiederum andere Gesichtspunkte, die jedoch hinlänglich bekannt sind. Man verwendet hierzu meistens transportable Orgeln auf Stahlfußgestellen und separat aufgestellte, kräftige Lautsprecherboxen, in denen jeweils mehrere Lautsprechersysteme untergebracht sind. Geeignete Gehäuse und Lautsprechersätze sind im Handel erhältlich [4].

Abb. 30 a **und** *Abb. 30 b* **zeigen Lautsprechergehäuse, wie sie vorwiegend für mehrkanalige Wiedergabe in Wohnräumen verwendet werden. In ihnen finden Großlautsprecher und Hochtöner Platz. Wegen des hohen Wirkungsgrades eignen sich solche Boxen jedoch auch gut für Friedhofskapellen und kleinere Kirchen, wobei sie recht preiswerte und doch zufriedenstellende Lösungen darstellen.**

Abb. 31 zeigt eine größere Box. In ihr sind fünf Lautsprechersysteme eingebaut, und zwar neben zwei großen, breitbandigen

Abb. 30 a. Lautsprecherbox mit 60 Watt Musikbelastbarkeit für Wohnräume und kleine Säle (83 x 35 x 24 cm)

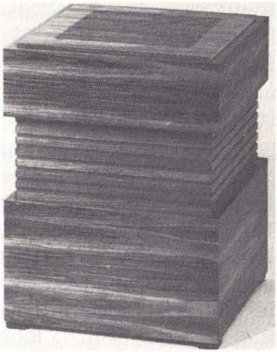


Abb. 30 b. Panoramabox mit 4 seitlich strahlenden Breitbandlautsprechern und je einem nach oben strahlenden Tiefton- und Hochtonlautsprecher. Musikbelastbarkeit: 100 Watt

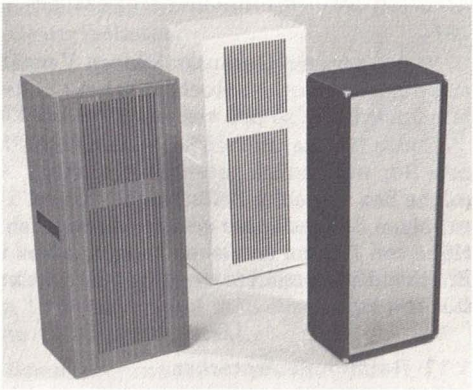


Abb. 31. Größere Lautsprecherbox (Höhe 110 cm, Musikbelastbarkeit etwa 140 Watt) in Nußbaum-, Esche- und Kunstlederausführung

Systemen ein Mittelton- und zwei Hochtonsysteme. Die Sinusdauerbelastbarkeit beträgt 80 Watt, die Musikbelastbarkeit liegt weit über 100 Watt. Diese Box läßt sich von sechzehn Ohm auf vier Ohm umschalten. In der Regel wird sie mit 16 Ohm betrieben. Schließt man eine solche Box an den 100 W-Verstärker laut Kapitel 1.8 an, so werden 60 Watt Sinusdauertonleistung erzielt. Schaltet man zwei Boxen parallel, so beträgt der Gesamt-Anpassungswiderstand 8 Ohm und dem Verstärker kann

somit die volle Sinusdauerleistung von 100 Watt bzw. eine Musikleistung von 140 Watt entnommen werden. Die mit Kunstleder bezogene Ausführung eignet sich gut für Tanzveranstaltungen, die Holzausführung z.B. für Kirchen, Theater und sonstige große Räume.

In *Abb. 32 a* ist eine ausgesprochene Musikerkombination gezeigt. Die beiden unteren Boxen, die man übrigens auch für sich allein verwenden kann, sind mit vier breitbandigen Großlautsprechern bestückt. Das obere Gehäuse stellt einen reinen Hochtonaufsatz dar. Des linearen Frequenzganges wegen sind hier anstelle eines Exponentialhorns sechs kräftige, leistungsfähige Spezialhochtonsysteme eingebaut worden. Sie besitzen konventionelle Bauart, wodurch der Klang HiFi-ähnlicher wird. Der Hochtonaufsatz ist übrigens bei Verwendung einer solchen Kombination für Baß- oder Orgelwiedergabe nicht unbedingt erforderlich. Zweckmäßig ist er für die Abstrahlung des elektronischen Schlagzeuges, von Gesang, Gitarre usw.

In den unteren Gehäusen können Verstärker und Hallgerät eingebaut werden. Im Hochtonaufsatz findet ein zusätzliches Mischpult Platz, so daß vier Eingänge zur Verfügung stehen [4].

Einige Musiker suchen jedoch aus Transportgründen eine kleinere Box mit ähnlich guten Eigenschaften. *Abb. 32 b* zeigt eine solche Box mit einer Belastbarkeit von ca. 160 Watt. Sie kann auf einen Boxenständer gesetzt werden, den man bis zu einer Höhe von 165 cm ausziehen kann. Die Box ist mit zwei großen Breitbandlautsprechern und einen Druckkammer-Hochtöner bestückt.

1.11 Rotationslautsprecher

Dieses Thema fällt eigentlich schon unter das Kapitel "Zusatzeffekte". Rotationslautsprecher sind für eine elektronische Orgel nicht unbedingt erforderlich und werden auch nur relativ selten gebraucht. Sie sind auch nur dann von guter Wirkung, wenn sie nicht für sich allein, sondern parallel zu einem feststehenden Lautsprecher betrieben werden.

Der Lautsprecher rotiert hierbei um eine senkrechte oder waagerechte Achse. Der Radius beträgt ca. 10 bis 30 cm. Die Geschwindigkeit kann wie beim normalen Vibrato etwa 6...8

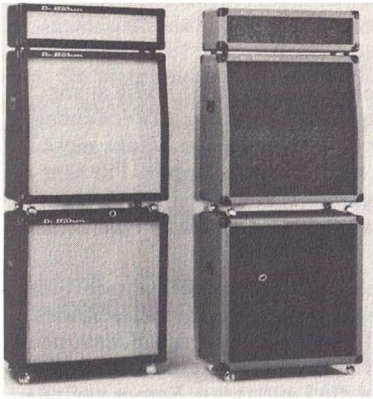


Abb. 32 a. Kombination aus zwei Universalboxen und einem Hochtonaufsatz. Höhe 184 cm, Gesamtbelastbarkeit 540 Watt

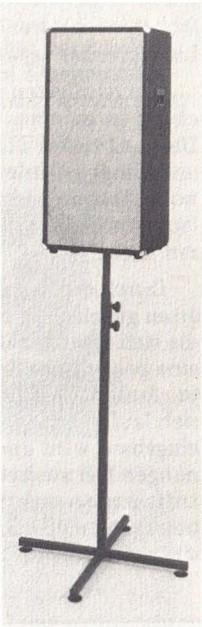


Abb. 32 b. Eine besonders für Musiker geeignete Compact-Box. Musikbelastbarkeit 160 Watt (83 x 40 x 30 cm)

Hz betragen, wobei ein spezieller Vibratoeffekt erzielt wird, oder aber etwa 1 Hz. Dadurch erreicht man eine langsame Schwebung bzw. eine Art Kathedraleffekt.

Weil es einen größeren mechanischen Aufwand erfordert, den ganzen Lautsprecher rotieren zu lassen und weil dann außerdem die Stromzuführung über bewegliche Kontakte erfolgen muß, was leicht zu Störungen führen kann, wenn die Konstruktion nicht sehr sorgfältig vorgenommen wurde, läßt man häufig nicht den Lautsprecher selbst, sondern eine vorgesetzte Schallumlenktrommel rotieren. Diese besteht meist aus Styropor. Sie hat etwa die Form einer Schüssel mit einem seitlichen Loch. Der Schall tritt aus diesem Loch aus. Dadurch, daß die Styroportrommel rotiert, bewegt sich die Öffnung auf einer Kreisbahn. Dadurch erreicht man den gleichen Effekt, als ob

der Lautsprecher selbst rotiert. Die Konstruktion wird einfacher, leichter und es können größere und höher belastbare Lautsprecher verwendet werden.

Am häufigsten gebräuchlich und auch meist völlig ausreichend ist es, einen breitbandigen Lautsprecher zu verwenden. Die ganz tiefen Töne sind für den gewünschten Effekt nicht unbedingt erforderlich, auch nicht die ganz hohen. Für sehr hohe Ansprüche kann man zusätzlich einen kleinen Hochtonlautsprecher für sich mit etwas anderer Geschwindigkeit rotieren lassen.

Durch die Rotation der Schallquelle werden mehrere Vibratoarten gleichzeitig erzeugt. Wegen des Dopplereffektes bewirkt die sich ständig nähernde und wieder entfernende Schallquelle eine periodische Tonhöhenschwankung, also ein Frequenzvibrato. Außerdem schwankt dabei die Lautstärke. Ferner verändert sich laufend die Klangfarbe, weil das Aggregat in ein Gehäuse eingebaut wird und der Schall abwechselnd durch eine der Öffnungen frei austreten kann oder aber auf eine Gehäusewand trifft und so mehrfach gebrochen wird. Ferner bewirkt die Drehbewegung eine laufende Änderung der Phasenlage und der Abstrahlrichtung im Raum.

Abb. 33 zeigt ein Rotationsaggregat. Seine Styroportrommel wird durch einen Motor mit umschaltbarer Geschwindigkeit angetrieben. In der *Abb. 34* sind drei verschiedene Gehäuse für Rotationsaggregate sichtbar.

Der bekannteste und älteste Hersteller solcher Aggregate ist die Firma Leslie. In letzter Zeit sind auch sehr gute andere Fabrikate hinzugekommen [4].

Der Lautsprecher des Rotationsaggregates wird oft mit dem vorhandenen, feststehenden Lautsprecher parallel geschaltet und aus dem gleichen Verstärker wie dieser gespeist. Besser ist es jedoch, für den Rotationslautsprecher einen eigenen Verstärker vorzusehen. Man hat dann nicht nur eine höhere Leistung zur Verfügung, sondern auch die Möglichkeit, durch ein Potentiometer am Verstärkereingang den Rotationseffekt stufenlos ein- und auszublenden. Er wird nämlich nicht immer gebraucht. Insbesondere für verschiedene Instrumentalklangfarben und Percussionseffekte ist er nicht gut geeignet. Dies gilt insbesondere für die hohe Geschwindigkeit. Sehr gute Wirkungen lassen

sich jedoch bei leichter Musik bei ausgesprochenen Orgelklangfarben erzielen. Das gleiche gilt für die elektronische Nachahmung dieses Effektes, der im Kapitel 2.7 näher beschrieben wird. Sie bietet außer dem Rotoreffekt weitere Klangmöglichkeiten, ist völlig verschleißfrei und setzt sich daher immer mehr durch.

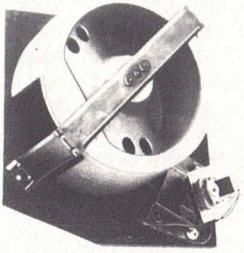


Abb. 33. Schallumlenk-Rotationsaggregat

Abb. 34. Gehäuse für Rotationslautsprecher bzw. - aggregate (Höhen 78, 93 und 63 cm)

2 Zusatzeffekte

2.1 Allgemeines

Während die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Bausteine zur Grundausrüstung einer elektronischen Orgel gehören und in ihrem Zusammenwirken ein komplettes, bei entsprechender Auslegung auch sehr hochwertiges Instrument ergeben, sind die nachfolgend beschriebenen Zusatzeffekte zwar nicht unbedingt erforderlich, jedoch für bestimmte Musikarten wertvolle Bereicherungen.

Bei Bedarf kann man einen, mehrere oder alle Zusatzeffekte in die vom Verfasser entwickelten und später beschriebenen elektronischen Orgeln einbauen.

Der Selbstbau einer elektronischen Orgel bietet gegenüber Fertigbezug den Vorteil, daß man diese Zusatzeffekte nicht nur sofort, sondern bei Bedarf auch später jederzeit einbauen kann. Die Orgel läßt sich also jederzeit erweitern. Werden mit der fortschreitenden Technik im Laufe der Jahre weitere Zusatzeffekte bekannt, so lassen sich auch diese in der Regel ohne weiteres einbauen, so daß die Orgel jederzeit auf den neuesten technischen Stand gebracht werden kann. In den vergangenen Jahren hat sich dieses Prinzip jedenfalls gut bewährt. Bei fertig gekauften Orgeln ist dies nicht so. Kommt einmal ein neuer Zusatzeffekt heraus, so läßt sich dieser in der Regel nicht nachträglich anbringen, sondern es muß ein neues Instrument gekauft werden. Da sich gebrauchte Instrumente, auch wenn sie noch neuwertig sind, meist nur mit Verlust verkaufen lassen, spart man durch den Selbstbau somit doppelt und mehrfach Geld.

Grundbedingung ist natürlich, daß die Orgel in ihrer Grundausstattung bereits gut konzipiert wurde. Sie soll einen guten Generator, vielchörige Tastenkontakte und eine entsprechende Klangformung mit vielen, brillanten und ausdrucksstarken Registern besitzen. Die vom Verfasser empfohlenen Modelle erfüllen diese Voraussetzungen, so daß sich hier Zusatzeffekte besonders lohnen.

2.2 Pedalnachklang

Der Pedalnachklang ist in erster Linie für leichte Musik eine empfehlenswerte Bereicherung. Bei dieser Musikart wird das Pedal ja nur mit der Spitze des linken Fußes, also nicht legato, gespielt. Der Pedalnachklang rundet das Klangbild, das sonst abgehackt wirken würde, auf angenehme Weise ab. Der Ton ist nämlich in diesem Fall nicht sofort beim Loslassen der Taste beendet, sondern klingt mehr oder weniger langsam aus. Beim kurzen Antippen der Taste erklingt ein Zupfeffekt. Auch bei länger ausgehaltenen Tönen ist der Pedalnachklang von sehr guter Wirkung.

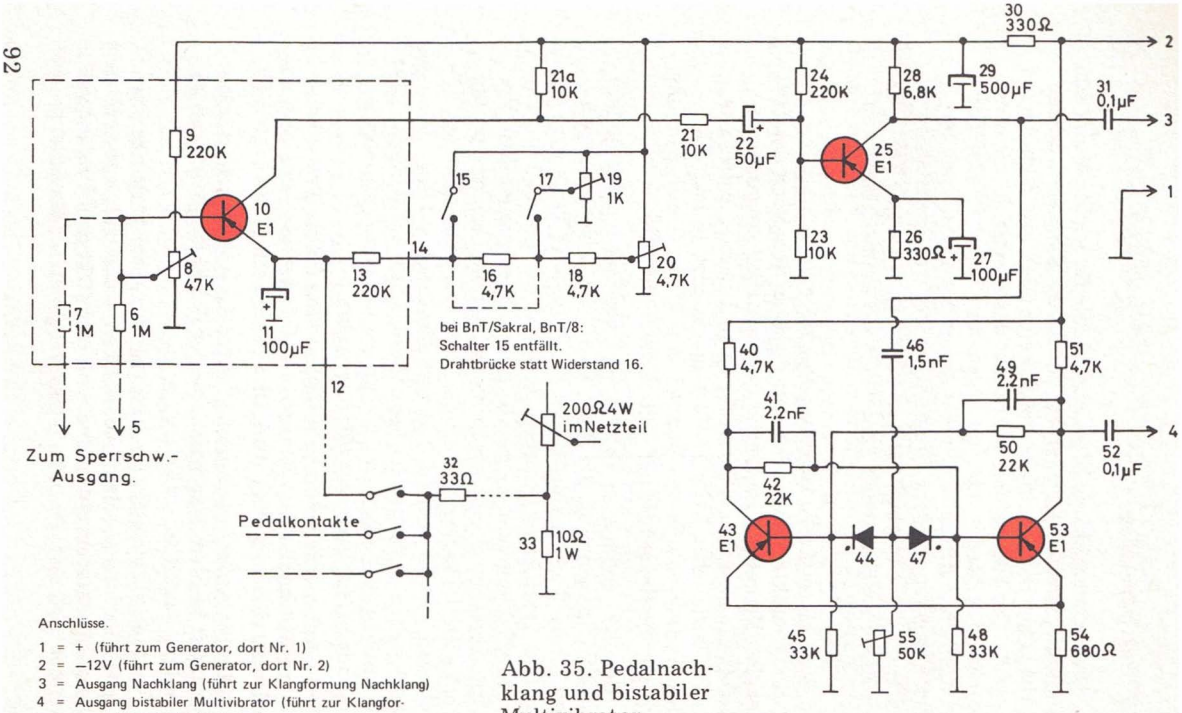
Abb. 35 zeigt eine langjährig bewährte Schaltung. Die Tastenkontakte dienen nicht zur direkten Schaltung des Tonsignales. Vielmehr wird hierfür die gestrichelt eingerahmte Regelstufe verwendet. Sie ist für jeden Ton bzw. jede Taste einmal vorhanden, beim 13-Tastenpedal also 13 mal. Die Tastenkontakte schalten lediglich eine kleine Gleichspannung, mit der die Regelstufe auf- und zugesteuert wird.

Bei nicht gedrückter Taste besitzt der Emitter eine höhere negative Spannung als die Basis, so daß der Transistor sperrt und keinen Ton durchläßt. Erst bei gedrückter Taste wird der richtige Arbeitspunkt eingestellt, so daß der Ton voll durchgelassen wird und über die zweite, allen Tönen gemeinsame Verstärkerstufe der Pedalklangformung über die Leitung drei zugeführt wird. Läßt man danach die Taste los, so bewirkt der Kondensator 100 μF, daß der Ton erst allmählich abklingt. Über den gestrichelten Widerstand 7 kann dieser Stufe auf Wunsch außer dem normalen 8'-Baß der 16'-Ton des um eine Oktave tiefer liegenden Generators zugeführt werden.

Die erforderliche kleine Hilfsspannung für die Tastenkontakte wird durch einen Widerstand 10 Ω gebildet, der im Netzteil zusätzlich eingefügt wird. Ihre Höhe beträgt etwa 0,6 Volt.

Mit den Schaltern 15 und 17 kann die Abklingschnelligkeit verändert werden. Man kann also den Nachklang kurz, mittel und lang einstellen.

Im Schaltbild rechts unten ist ein bistabiler Multivibrator gezeigt. Er wird nur dann erforderlich, wenn statt des Acht-Oktavengenerators ein solcher von sechs Oktaven Umfang verwendet wird und der beim 8-Oktavengenerator über den ge-



Anschlüsse.

1 = + (führt zum Generator, dort Nr. 1)
2 = –12V (führt zum Generator, dort Nr. 2)
3 = Ausgang Nachklang (führt zur Klangformung Nachklang)
4 = Ausgang bistabiler Multivibrator (führt zur Klangformung bistabiler Multivibrator)

Abb. 35. Pedalnachklang und bistabiler Multivibrator

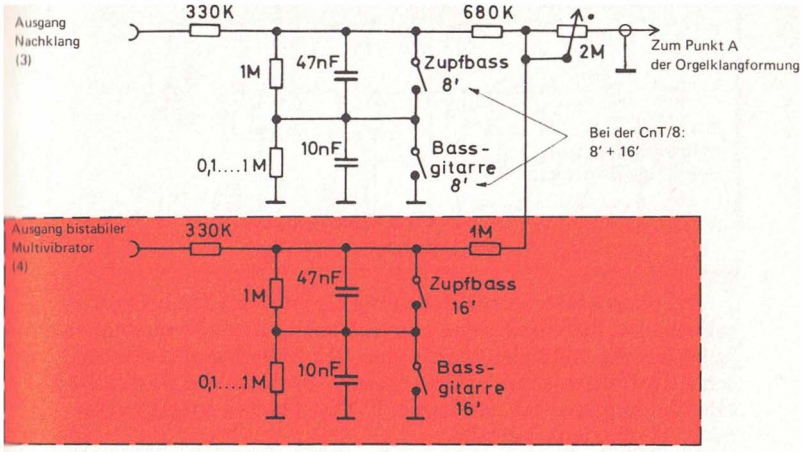


Abb. 36. Pedalklangformung zum Anschluß an den Pedalnachklang laut Abb. 35

strichelten Widerstand 7 zuzuführende 16'-Ton vom Generator her somit nicht mehr vorhanden ist. Durch den bistabilen Multivibrator wird das Tonsignal um eine Oktave herabgesetzt. Am Ausgang 3 steht somit in diesem Fall der 8', am Ausgang 4 der 16' zur Verfügung.

Abb. 36 zeigt eine geeignete Pedalklangformung. Der gestrichelt umrahmte Teil ist nur erforderlich, wenn der vorstehend erwähnte bistabile Multivibrator eingebaut ist. Fehlt dieser, so wird mit den verbleibenden beiden Registerschaltern der 16' mit dem 8' gemeinsam geschaltet, was für leichte Musik durchaus vertretbar ist. Das Potentiometer 2 MΩ dient zur separaten Einstellung der Pedallautstärke.

Für einen solchen Pedalnachklang sind 13-Tasten-Pedale mit fertig eingebauten Umschaltkontakten empfehlenswert. Sie sind besser als die in Abb. 34 gezeigten einfachen Arbeitskontakte und werden gemäß *Abb. 37* angeschlossen. Diese Verriegelungsschaltung bewirkt, daß auch beim versehentlichen gleichzeitigen Drücken zweier benachbarter Pedaltasten nur einer dieser beiden Töne erklingen kann.

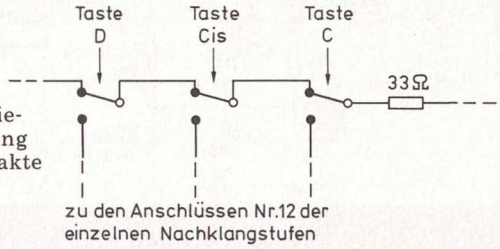


Abb. 37. Verriegelungsschaltung der Pedalkontakte

Die oben beschriebene Schaltung eignet sich gut für Orgelselbstbauer, die vorhandene konventionelle Bauteile verwenden möchten. Sie stellt gleichzeitig eine sehr frühe Form elektronischer Tastenkontakte dar. Die neueren Bausätze des Verfassers arbeiten hingegen mit modernen IC's und bieten auch musikalisch verschiedene Vorteile.

2.3 Sustain

Der Sustain ist ebenfalls für leichte Musik als spezieller Effekt gut geeignet, ferner auch zur Nachahmung von Cembalo, Klavier usw. Er bewirkt wie der Pedalnachklang, daß die Töne nach Loslassen der Taste über eine gewisse Zeit hin langsam ausklingen. Der Sustain wird jedoch nicht auf das Pedal, sondern auf ein Manual, meist das obere, geschaltet. Ferner läßt er sich im Gegensatz zum Pedalnachklang auch beliebig polyphon spielen. Abb. 38 zeigt das Schaltbild, das dem des Pedalnachklangs weitgehend ähnelt, jedoch durch zusätzliche Widerstände auch bei polyphonem Spiel keine Verzerrungen ergibt. Die Wirkungsweise entspricht der Beschreibung im Kapitel 2.2. Der Ausgang dieser Schaltung wird über einen Schalter an die normalen 8'-Register angeschlossen. Da auch das von den normalen Tastenkontakten kommende direkte 8'-Signal über einen solchen Schalter zugeführt wird, lassen sich somit die 8'-Register je nach Bedarf auf normalen Klang oder auf Sustainklang einstellen. Bei Bedarf kann man auch beide Schalter schließen und erhält dann die Summe beider Effekte.

Mit dem Sustain läßt sich der Klang aller Saiteninstrumente nachahmen, bei denen die Saiten nach dem Anschlag des Tones frei ausklingen können.

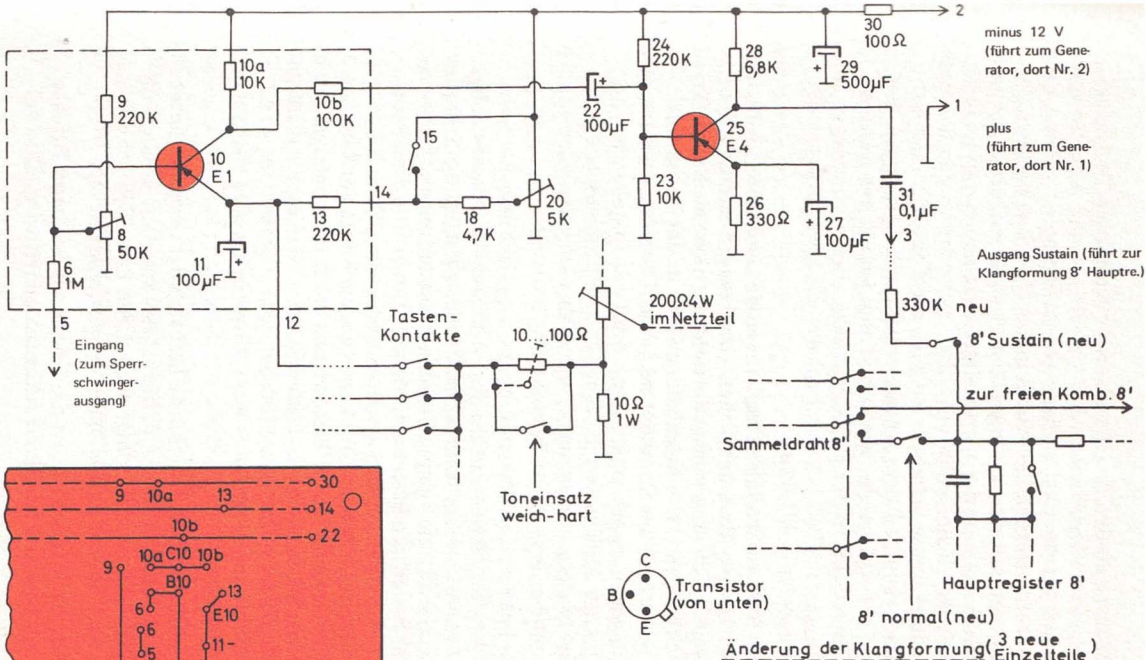


Abb. 38. Schaltplan des Sustains

Zusätzlich zu den im Obermanual eingebauten Tastenkontakten kann man auch eine Gleitklaviatur gemäß Abb. 25 vorsehen, über die der Sustain dann ebenfalls gespielt werden kann. Die Kontakte werden hier durch kleine Röllchen betätigt. Streicht man mit einem Finger über diese Klaviatur, so erklingen je nach Stellung des Umschalters links neben den Röllchen entweder sämtliche Halbtöne (Glissando) oder aber in der anderen Stellung dieses Schalters lediglich die Töne, die man mit der linken Hand auf dem Untermanual greift (Arpeggio). Bei diesem *Harfenglissando* wiederholt sich jedoch der Akkord beim Überstreichen der Rollklaviatur in allen vorhandenen Oktavlagen vom Baß bis zum höchsten Diskant. Dies ermöglicht interessante Effekte.

Beim Sustain handelt es sich um einen Nachklang, also um ein Nachklingen des eigentlichen Tonerzeugers selbst. Allerdings eignet sich eine solche Vorrichtung nicht als Ersatz für ein Nachhallgerät. Der Nachhall entsteht in der Natur durch eine Eigenschaft des Raumes und gestattet im Gegensatz zum Sustain, genau zu erkennen, wann die Taste losgelassen wird. Er ist für alle Musikarten in jedem Fall empfehlenswert, während der Sustain nur bei bestimmten Musikstücken anzuwenden ist, dann aber eine echte Bereicherung darstellt.

Eine interessante Erweiterung des Sustain bildet der vom Verfasser empfohlene *Percustain*. Auf Einzelheiten des Schaltbildes kann in diesem Rahmen nicht näher eingegangen werden. Es sei daher auf die entsprechenden Bauanleitungen [4] verwiesen. Der Percustain bietet drei Möglichkeiten. Die erste Möglichkeit ist eine polyphon spielbare Percussion. Schaltet man sie mit der zugehörigen Drucktaste ein, so klingt der Ton wie beim Klavier sofort nach Tastendruck mehr oder weniger rasch ab, um nach Loslassen der Taste wie beim Klavier mit nicht getretenem Pedal sofort zu verklingen. Da für jeden Ton eine eigene Regelstufe eingebaut ist, ist diese Percussion voll polyphon spielbar.

Mit einer zweiten Drucktaste läßt sich der oben beschriebene Sustain einschalten. Der Ton bleibt also konstant, solange die Taste gedrückt ist, und klingt nach deren Loslassen in verschiedener, vom Spieler einstellbarer Geschwindigkeit aus.

Die dritte Möglichkeit ist die Kombination dieser Effekte, die durch Drücken beider Drucktasten erzielt wird. Dies ent-

spricht z.B. dem Spiel des Klaviers mit gedrücktem rechten Pedal. Sofort nach Anschlag der Raste setzt die Wirkung der Percussion ein; der Ton beginnt auszuklingen wie bei der Percussion. Nach Loslassen der Taste ist der Ton jedoch noch nicht beendet, sondern klingt weiter aus wie beim Sustain. Dieser *Percustain* ist spieltechnisch und klanglich besonders interessant. Er gestattet die täuschend echte Nachbildung von Cembalo, Klavier, Spinett, Gitarre, Harfe usw. Der Percustain ist nicht an die vorhandene Klangformung angeschlossen, sondern besitzt eigene Register, die mit den betreffenden Instrumenten bezeichnet sind. Alle drei Effekte können mit Zugriegeln oder Drehknöpfen hinsichtlich Stärke und Abklingdauer stufenlos den Wünschen des Spielers angepaßt werden. Weitere interessante Möglichkeiten erhält man durch gleichzeitige Benutzung der unten beschriebenen *Spezialeffekte*, z.B. der darin enthaltenen Percussion, auf anderen Fußlagen, z.B. 2 2/3', 1 3/5', 4' usw. Aus diesem Grund sollten Percustain und Spezialeffekte stets auf dem gleichen Manual eingebaut werden.

Eine interessante Neuerung bietet der Percustain auch hinsichtlich des Aufbaues. Obwohl für jeden Ton zwei Transistoren und fünf Dioden sowie weitere Bauteile erforderlich sind, ist es gelungen, Platinen zu entwickeln, bei denen die einzelnen Regelstufen genauen Tastenabstand besitzen. Dadurch wird es möglich, den Percustain auf einer langen, schmalen Platine anzuordnen, die unter der Klaviatur befestigt wird. Dadurch entfallen die sonst erforderlichen vielen Zuleitungen bzw. Kabelbäume. Pro Ton sind lediglich zwei kurze Litzen zwischen den Tastenkontakten und der Percustainplatine erforderlich. Die eine Litze führt das Tonsignal vom 8'-Anschluß der Schnellverkabelung, also vom Tongenerator, zur Platine, die andere die Steuer-Gleichspannung vom Percustain-Tastenkontakt. Der Aufbau wird dadurch besonders einfach und übersichtlich. Eine weitere kleine Platine ist auf die Drucktastenschalterkontakte aufgesteckt und bildet mit dieser eine kompakte Einheit. Sie wird über ein Mehrfachkabel mit der großen Platine verbunden. Alles Nähere zeigen die zugehörigen Bauanleitungen.

Einen weiteren Fortschritt stellt das neue Strings-Piano dar. Für dieses gilt analog der letzte Absatz des Kapitels 2.2.

2.4 Spezialeffekte

Unter dem Begriff *Spezialeffekte* faßt man mehrere Zusatzeffekte zu einer Einheit zusammen, die auf einer ähnlichen Funktion beruhen, nämlich auf einer selbsttätigen Lautstärkenänderung, oder sich durch ihre Zusammenfassung leicht und mit geringem Aufwand aufbauen lassen. Durch die Zusammenfassung lassen sich nämlich Bauelemente und insbesondere Bedienungsorgane einsparen. Dadurch ist der Aufbau dieser empfehlenswerten Zusatzeffekte recht einfach und preiswert.

In den Spezialeffekten sind enthalten: Die *Percussion*, die *Contracussion*, der *Mandolineneffekt (Repeat-, Wiederholungs-Percussion)*, das *Zweitvibrato (Amplituden-Vibrato)* für eine Hand bzw. ein Manual allein, die *Rechteckschwingung*, das *Formantglissando* und vieles andere. Sie werden weiter unten genauer beschrieben und lassen sich nach der vom Verfasser empfohlenen Methode bis auf die Rechteckschwingung auf jede beliebige Fußlage und Fußlagen-Kombination, also auf jedes beliebige Register, schalten.

2.4.1 Percussion

Schaltet man die Percussion ein und drückt eine Taste der Klaviatur, so ist der Ton anfangs sehr laut, um sofort mehr oder weniger rasch abzuklingen. Der Ton ist in jedem Fall beendet, wenn die Taste losgelassen wird. Es können auf diese Weise Zupf- oder Schlageffekte erzielt werden, entsprechend einer gezupften oder angeschlagenen Saite. Man kann auf diese Weise Klavier, Cembalo, Gitarre usw. gut nachahmen. Wie erwähnt, läßt sich dieser Effekt auf jede beliebige Fußlage und Fußlagenkombination schalten. Zur Nachahmung der oben erwähnten Instrumente benutzt man meist die 8'-Lage. Schaltet man die Percussion jedoch auf höhere Fußlagen, so kann man z.B. ein Glockenspiel imitieren. Sehr interessant sind auch neuartige Effekte, die etwa durch Betonung der Quinte mittels der Percussion erzielt werden.

Während die Percussion bei der im Kapitel *Percustain* beschriebenen Methode voll polyphon spielbar ist, weil dort für jeden Ton eine Regelstufe vorhanden ist, kommt man nach der bei den Spezialeffekten benutzten Ausführung mit gerin-

gerem Aufwand aus. Es ist nur eine gemeinsame Regelstufe erforderlich, über die sämtliche gespielten Tonsignale geleitet werden können. Die Steuerung der Percussion erfolgt ohne zusätzliche Tastenkontakte durch das Tonsignal selbst. Weil eine solche Vorrichtung die Tonhöhe der einzelnen Tasten nicht unterscheiden kann, legt man eine solche Schaltung in der Regel so aus, daß die Percussion nur anspricht, wenn vorher keine andere Taste gedrückt war.

Abb. 39[1] **zeigt den Schaltplan der vom Verfasser in seinen Orgeln benutzten Spezialeffekte. Zusätzlich zur normalen Auskopplung der Fußlagen in der Klangformung wird an diesen Punkten ein Tonsignal abgezweigt und über die Verstärkerstufe mit IC 13 (2) den Fotowiderständen in den Optokopplern zugeleitet. Hier wird es lautstärkemäßig bearbeitet. Bei gedrückter Taste werden die Leuchtdioden dunkler, der Fotowiderstand hochohmig und das Tonsignal mehr oder weniger rasch leise. Wertvoll sind bei diesem System die Effektfußlagenschalter, mit denen jede beliebige Fußlage und Fußlagenkombination ausgewählt werden kann, sowie der Hauptschalter für die Effekte zum raschen Klangwechsel.**

2.4.2 Contracussion

Die *Contracussion* bewirkt das Gegenteil der Percussion, nämlich einen weichen Toneinsatz. Beim Tastendruck ist die Lautstärke erst gering, um mehr oder weniger rasch auf den endgültigen Wert anzusteigen. Auch sie läßt sich mit den gleichen Schaltern wie die Percussion auf jede beliebige Fußlage und Fußlagenkombination schalten. Mit der Contracussion lassen sich Musikinstrumente, deren Ton weich einsetzt, gut nachahmen, wie z.B. einige Blas- und Streichinstrumente. Besonders interessant ist die Contracussion auch für das Spiel ernster Orgelmusik. Hier bringt ein nicht allzu harter Toneinsatz häufig Vorteile. Mit den erwähnten Schaltern kann man auf Wunsch nur die tiefen Fußlagen auf Contracussion schalten, während die hohen Register rasch ansprechen. Dies entspricht noch mehr der Pfeifenorgel. Auch dort sind die Einschwingvorgänge bei den tiefen Tönen langsamer als bei den hohen.

---

[1]) **Klapptafel am Schluß des Buches**

2.4.3 Mandolineneffekt

Der Mandolineneffekt wird mitunter auch *Repeat* oder *Wiederholpercussion* genannt. Es handelt sich um eine ständige, automatisch wiederholende Percussion. Der Zupfeffekt wiederholt sich ständig in kurzen Abständen, solange die Taste gedrückt ist. Dies entspricht dem wiederholten Anschlagen einer Saite, z.B. bei der Mandoline. Hierzu schaltet man am besten einige hell klingende 8'- und 4'-Register auf den Effektkanal, **betätigt den Schalter "Mandoline" und wählt mit dem Potentiometer die gewünschte Schnelligkeit des Mandolineneffektes. Bei** sehr langsamer Einstellung läßt sich dieser auch als Taktgeber ähnlich einem Metronom verwenden. Durch die spezielle Schaltung wird außerdem erreicht, daß der erste Zupfklang stets dann erfolgt, wenn die Taste gedrückt wird. Auch beim kurzzeitigen Drücken einer Taste erhält man somit niemals ein Tonloch. Auf Wunsch kann auch die Percussion zusätzlich eingeschaltet werden, wodurch der erste Anschlag verstärkt wird.

Legt man den Mandolineneffekt auf höhere Fußlagen, während die tieferen auf dem direkten Kanal verbleiben, so erzielt man eine *Klingelmixtur.*

2.4.4. Amplitudenvibrato

Das Amplitudenvibrato, auch *Tremolo* genannt, läßt sich als Zweitvibrato verwenden. Es stellt eine periodische Schwankung der Lautstärke mit sinusförmigem Hüllkurvenverlauf dar. Auch dieser Effekt läßt auf sich beliebige Fußlagen schalten. Wie schon erwähnt, erreicht man durch diese Vibratoart ein Tremolo für nur ein Manual oder auch nur auf bestimmten Fußlagen, wie es von Kirchenmusikern mitunter gefordert wird. Es läßt sich jedoch auch für leichte Musik einsetzen, insbesondere in Verbindung mit der Percussion und dem normalen Frequenzvibrato. Innerhalb der Spezialeffekte erfordert es nur einen geringen zusätzlichen Aufwand.

2.4.5 Rechteckschwingung

Wie schon erwähnt, dient die Rechteckschwingung u.a. zur Nachahmung der gedackten Orgel-Register und z.B. der Klari-

nette und des Akkordeons. Durch die schon im Generator enthaltene Umschalt-Möglichkeit können durch einfachen Tastendruck sämtliche Register der Orgel von Sägezahn- auf Rechteck-Schwingung geschaltet werden. Für Solo-Effekte genügt eine Rechteckschwingung, die auf die 8'-Register schaltbar ist. Bei dem hier beschriebenen Bausatz Spezialeffekte fällt diese Möglichkeit fast kostenlos mit an. Bei geschlossenem Schalter "8'-Rechteck" wird ein um 180° phasenverschobenes 4'-Signal mit halber Amplitude (Lautstärke) dem 8' überlagert. Hierdurch erhält man ein 8'-Rechteck-Signal. Es kann mit dem Trimmpoti P 2 auf optimalen Rechteckklang eingestellt werden.

2.4.6. Formantglissando

Der Verfasser hat diesen, seines Wissens von ihm erstmals angewandten Effekt Formantglissando genannt, weil bei seiner Betätigung ein bestimmtes Formantgebiet über einen größeren Bereich hinwegleitet, also verschoben wird. Bestimmte Frequenzbereiche, in denen die Obertöne angehoben werden, können willkürlich oder automatisch verändert werden. Dies bewirkt eine stufenlose Klangfarbenänderung. Sie kann bei der hier empfohlenen Ausführungsform wahlweise mit einem Knieschweller erzielt werden, der nach Betätigung automatisch in seine Ausgangslage zurückkehrt (Kapitel 1.7), oder aber automatisch beim Tastendruck einsetzen. Im letzten Fall kann man je nach Schalterstellung die Klangfarbe beim Tastendruck wahlweise nach oben oder nach unten wandern lassen. Auch eine periodische Schwankung nach Art des Vibratos ist möglich. Vereinfachte Ausführungsformen dieses Effektes sind seit einiger Zeit als *WAH-WAH-Schweller* im Handel. Mit ihnen kann jedoch in der Regel keine Automatiksteuerung erreicht werden. Auch sind zwei Fußschweller oder eine Umschaltung des vorhandenen Fußschwellers für den Spieler weniger einfach zu bedienen, so daß diese Art mehr dem Gitarristen vorbehalten bleibt und bei einer Orgel Knieschweller mehr zu empfehlen sind.

Die erzielbaren Effekte erinnern an die gesprochenen Silben *Wah-Wah*, *Wai-Wai* und *Jau-Jau*. Man kann somit der Orgel sprechende Akzente verleihen. Bei der Imitation der Trompete kann das Stopfen mittels Dämpfer gut imitiert werden. Auch

alle anderen Klangfarben, z.B. der volle Orgelklang, lassen sich somit beeinflussen.

Weitere interessante Ausdrucksmöglichkeiten erhält man, wenn man den Knieschweller nur relativ langsam betätigt, so daß sich die Klangfarbe der Orgel fast unmerklich dem Verlauf des betreffenden Musikstückes anpaßt. Auch eine rasche Klangfarbenänderung ist möglich, wenn z.B. ein Teil des Musikstückes beendet ist und ein weiterer beginnt. Ferner lassen sich, insbesondere in Verbindung mit den übrigen, hier beschriebenen Effekten, ausgesprochene Synthesizer-Klangwirkungen erzielen, die jedoch — im Gegensatz zum Synthesizer — voll polyphon spielbar sind.

Die Schaltelemente für das Formantglissando liegen in der Regel in der direkten Tonleitung zwischen Obermanual und Fußschweller, nicht also im Effektkanal. Hinter einem Emitter-Folger liegt ein Resonanzfilter mit IC 13 (3), dessen Resonanzfrequenz durch zwei Optokoppler in weiten Grenzen verschoben wird. Bei eingeschalteter Automatik wandert die Klangfarbe je nach Effektschalterstellung langsam oder rasch von dunkel nach hell oder umgekehrt, sobald eine Taste gedrückt wird, oder führt ein Vibrato aus.

2.4.7 Sonstiges

Im Bausatz *Spezialeffekte* ist noch ein Schalter *8'-forte* enthalten. Er dient zur Anhebung der 8'-Register, also insbesondere der Solostimmen.

Ferner kann über die Drucktaste *Synthemat* die Steuerspannung der Effekte auf die Gesamtstimmung des Generators gelegt werden, die sich somit beim Anschlag einer Taste automatisch von unten oder von oben in die Normalstimmung hineinziehen läßt, und zwar ebenfalls mit wählbarer Schnelligkeit. Dadurch sind weitere frappierende Synthesizer-Effekte mehrstimmig spielbar.

Die oben beschriebenen Spezialeffekte Percussion, Contracussion. Mandolineneffekte, Amplitudenvibrato, Rechteckschwingung, 8'-forte, Synthemat usw. bilden eine organische Einheit und sind als preiswerter Bausatz mit Platinen, aufgedrucktem Bestückungsplan und ausführlicher Bauanleitung erhältlich. Die Verstärker- und Regelstufen sitzen auf einer klei-

nen, schmalen Platine in unmittelbarer Nähe der Register der Klangformung. Dadurch entfallen viele Abschirmkabel für die Tonsignale. Über ein Mehrfachkabel wird eine zweite Platine angeschlossen. Sie dient unter anderem zur direkten Aufnahme einer 12fachen Schaltergruppe und der Stromversorgung. Der Selbstbau ist einfach, zumal alle IC's wie in den übrigen Baustufen der Orgeln des Verfassers grundsätzlich steckbar sind.

2.5 Hawaiieffekt

Der Hawaiieffekt ist für leichte Musik interessant. Er wird mit Hilfe des Fußschwellers betätigt, der in der vom Verfasser empfohlenen Form eine zusätzliche beidseitige Kippbewegung gestattet. Kippt man den Fuß beim Spiel nach links, so wird die Gesamtstimmung der Orgel durchweg um etwa einen halben Ton gesenkt. Dies ist unabhängig von der Stellung des Gesamtstimmknopfes. Beläßt man den Fuß in dieser gekippten Stellung, so kehrt die Stimmung der Orgel gleitend wieder in ihre Normallage zurück. Gleichzeitig ist das Frequenzvibrato automatisch abgeschaltet. Läßt man den Fuß sofort oder auch später wieder in die Ausgangsposition zurückkehren, so ist in jedem Fall die normale Stimmung sofort wieder hergestellt. Gleichzeitig setzt das Vibrato wieder ein.

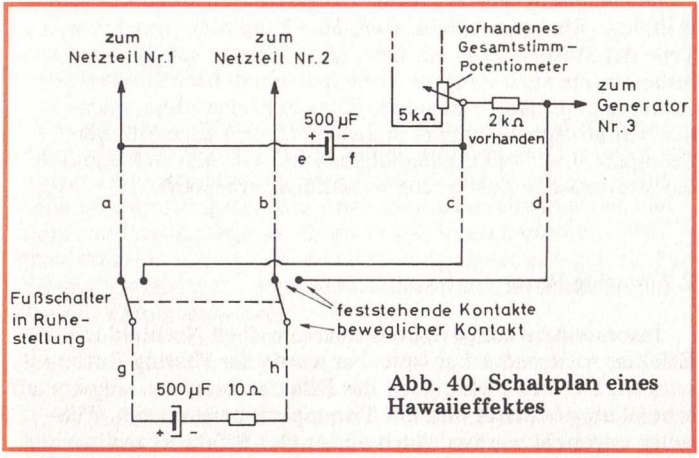


Abb. 40. Schaltplan eines Hawaiieffektes

Ein geeigneter Schaltplan ist in *Abb. 40* gezeigt. Der untere Kondensator 500 µF wird vom Netzteil aufgeladen und entlädt sich bei betätigtem Schalter über den Widerstand 2 kΩ. Dadurch wird die Gesamtstimmung des Generators beeinflußt.

Dieser interessante Hawaiieffekt läßt sich nicht nur für die Musikart verwenden, der er seinen Namen verdankt, sondern auch in anderen Fällen häufig einsetzen, z.B. als besonderer Akzent bei einem vollen Schlußakkord, bei der Imitation der Violine und vielen anderen Gelegenheiten.

2.6 Magisches Vibrato

Das *magische Vibrato* wird ebenfalls mit dem Fußschweller betätigt. Man muß hierzu den Fuß nach rechts kippen. Dabei wird ein Schaltkontakt betätigt, der den Vibratogenerator nach Abb. 10 aussetzen läßt. Ein vorher eingeschaltetes Vibrato wird somit unterbrochen. Läßt man den Schaltkontakt in die **Ruhelage zurückkehren, so setzt das Vibrato wieder ein.**

Der erforderliche einfache Schaltkontakt läßt sich wie die beiden Umschalter für den Hawaiieffekt leicht am Fußschweller festschrauben. Letzterer hat hierzu eingeschnittene Gewindelöcher. Der Anschluß an das Vibrato erfolgt über eine freie Ader des beim Hawaiieffekt erwähnten Mehrfachkabels.

Das magische Vibrato bietet bei geeigneten Musikstücken vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Man kann nicht nur ganze Teile des Musikstückes mit bzw. ohne Vibrato spielen, sondern insbesondere auch einzelne Töne individuell beeinflussen. So kann man z.B. länger dauernde Töne zunächst ohne, später mit Vibrato spielen, wie es in analoger Form auch z.B. bei Trompete und Gesang gehandhabt wird. Oft läßt sich dadurch die musikalische Darbietung wesentlich verbessern.

2.7 Phasing-Rotor

Insbesondere zur perfekten elektronischen Nachbildung des Effektes rotierender Lautsprecher wurde der Phasing-Rotor entwickelt. Die Geschwindigkeit des Effektes kann von langsam auf schnell umgeschaltet und mit Trimmpotis persönlichen Wünschen angepaßt werden. Auch ein Anlauf-Effekt ist realisierbar.

Darüberhinaus dient diese Baustufe zur Erzeugung weiterer hochinteressanter und wertvoller musikalischer Effekte, die in keiner guten Universalorgel fehlen sollten:

Ein *Ensemble-Effekt* dient zur klanglichen Vervielfachung von Einzelregistern. Aus einer Violine werden die berühmten Strings-Orchester-Effekte gezaubert, indem dem Originalton ganz leicht verstimmte Nachbartöne beigemischt werden. Das *Celeste* ist ein ähnlicher Effekt mit zusätzlicher, starker Vibrato-Wirkung. Das *Fading* begeistert durch seine fast unnatürlich wirkenden Klänge, die an die Untermalung utopischer Filme erinnern und bisher gut ausgerüsteten Tonstudios vorbehalten waren. Für ernste Musik wertvoll ist der *Kathedral-Effekt*, der ebenfalls auf einer klanglichen Vervielfachung der Einzelregister und ihrer Kombination beruht. Alle Effekte lassen sich bei Bedarf abschwächen oder verstärken.

Im Phasing-Rotor bewirken drei sogenannte *Eimerketten-Speicher-IC's* ständige Phasenverschiebungen und damit analog dem Doppler-Effekt Frequenzverschiebungen. Sie bilden zusammen mit dem Original-Tonsignal ein Frequenzgemisch von außerordentlicher Klangschönheit. Tiefe, mittlere und hohe Töne werden unterschiedlich beeinflußt und mehrere Vibrato-Arten wirken zusammen. Dadurch entsteht ein sehr lebendiges Klangbild.

2.8. Stereo-Phasing

Ausgehend von der Tatsache, daß rotierende Lautsprecher eine besondere Raumwirkung haben, empfahl der Verfasser vor einiger Zeit erstmals ein Stereo-Phasing. Es handelt sich dabei um eine räumlich getrennte Abstrahlung des Originaltons und mehrerer Phasing-Signale, deren Vibratos am besten um 180° phasenverschoben sind. Zur Abstrahlung eignet sich gut die Panoramabox laut *Abb. 30 b*, jedoch lassen sich auch andere Boxen mit Erfolg einsetzen.

2.9 Elektronisches Schlagzeug und BÖHMAT

2.9.1 Allgemeines

Eine Orgel ist seit jeher ein Hilfsmittel, das dem Spieler gestattet, den Klang der verschiedensten anderen Musikinstrumente nachzubilden und diese auf relativ einfache Weise auch gleichzeitig spielen zu können. Sogar Klangwirkungen, die an ein größeres Orchester erinnern, lassen sich mit einer Orgel von einem einzigen Spieler erzeugen.

Was liegt näher, als in eine elektronische Orgel, die für leichte Musik bestimmt ist, ein Schlagzeug einzubeziehen? Natürlich sollen auch die Klänge des Schlagzeuges, wie der eigentliche Orgelklang, elektronisch erzeugt werden. Da beim Orgelspiel die Hände und Füße des Spielers bereits mehr oder weniger stark ausgelastet sind und kaum noch zusätzliche Aufgaben übernehmen können, ist für ein solches Schlagzeug eine halbautomatische oder vollautomatische Funktion wünschenswert.

Da auch ferner bei der herkömmlichen Orgel die verschiedensten eingebauten Spielhilfen dem Spieler mancherlei Erleichterung bieten, ist es auch bei einer elektronischen Orgel nicht abwegig, Spielhilfen einzubauen, die das Spiel leichter Musik weitergehend vereinfachen. Der Verfasser hat hierzu erstmals eine Vorrichtung entwickelt, bei der man mit der linken Hand nur noch eine Taste zu drücken braucht und dabei die vollständige Begleitung erhält. Im vorher einstellbaren Rhythmus erklingen dann ein tiefer Akkord, ein hoher Akkord, sowie Baß und Wechselbaß. Um dies auf herkömmliche Art zu spielen, würde man zwei Hände für das exakte Anschlagen der beiden Akkorde brauchen, die ja zu verschiedenen Zeiten erklingen, und müßte dazu eine sehr gute Fertigkeit im Gebrauch des Fußpedals besitzen. Jetzt braucht man für dies alles lediglich noch eine Taste zu drücken, mit der die gewünschte Tonart ausgewählt wird. Eine Zusatztaste schaltet auf Moll um, **eine weitere auf Septimen-Akkorde.**

Das nachstehend beschriebene elektronische Schlagzeug und der BÖHMAT haben große Begeisterung hervorgerufen. Sehr beliebt sind auch die damit aufgenommenen Langspielplatten [4]. Sie zeigen, wie vollendet ein Spieler allein, ohne

begleitende andere Instrumente, ohne Play-back, musizieren kann. Elektronisches Schlagzeug und BÖHMAT gestatten auch dem Anfänger, leichte Musik ziemlich perfekt und wohlklingend zu spielen, so daß nicht nur die Zuhörer begeistert sind, sondern auch die Freude am eigenen Musizieren sofort weiter gesteigert wird. Dadurch setzt man sich auch nach Feierabend noch gern an die Orgel und gewinnt automatisch immer mehr Fertigkeit.

Auch fortgeschrittenen und perfekten Spielern bieten das elektronische Schlagzeug und der BÖHMAT neben einer erheblichen Spielerleichterung bessere musikalische Ausdrucksmöglichkeiten. Somit werden die Grenzen des Möglichen auch für den perfekten Könner noch mehr erweitert.

2.9.2 Halbautomat

Im Halbautomaten werden mittels Transistoren, Dioden und sonstigen Bauteilen die Klänge von folgenden elf Schlaginstrumenten erzeugt: Große Trommel, kleine Trommel, Besen, kurzes Becken, Becken (Abklingdauer einstellbar), Tom-Toms hoch, mittel und tief, Maracas, Bongo und Holz. Die einzelnen Klänge werden entweder durch ein kurzes, abklingendes Rauschen von verschiedener Klangfarbe und Abklingdauer erzeugt oder durch sehr kurz angestoßene Tongeneratoren, die rasch abklingende obertonarme Schwingungen liefern. Bei der kleinen Trommel kommen beide Möglichkeiten gleichzeitig zur Anwendung. *Abb. 42* (siehe Klapptafel am Ende des Buches) zeigt den Schaltplan für technisch interessierte Leser. Der Selbstbau ist jedoch auch für Laien durch Platinen mit aufgedrucktem Bestükkungsplan leicht möglich.

Zwei der genannten Instrumente — Kleine Trommel und Besen — erklingen bei eingeschaltetem Halbautomat immer dann selbsttätig, wenn eine Untermanualtaste gedrückt wird, zwei weitere — große Trommel und Becken — beim Druck einer Pedaltaste. Im Pedal sitzen hierfür separate, parallel geschaltete Kontakte. Im Untermanual sind zur Vereinfachung des Aufbaus keine Zusatzkontakte erforderlich. Die Steuerimpulse werden durch eine IC-Schaltung erzeugt, die auf das normale Tonsignal des Untermanuals anspricht.

Durch die entstehende rhythmische Untermalung wird das Spiel wirkungsvoll verbessert, zumal die Nachbildung der Instrumente sehr echt ist. Allerdings muß (und kann) der Spieler den Rhythmus und das Tempo durch sein Spiel selbst bestimmen.

Fünf Instrumente können zusätzlich durch Impulstasten betätigt werden, die den Teil einer 12fachen Schaltergruppe bilden und laut *Abb. 41* bequem erreichbar vor dem Untermanual sitzen. So kann man leicht Einwürfe oder ein kleines Schlagzeugsolo spielen.

Die übrigen Schlagzeuginstrumente werden — zusammen mit den oben erwähnten — durch den Vollautomaten gesteuert, sobald dieser eingeschaltet ist. Näheres folgt im Kapitel 2.9.3.

Die 12fache Schaltergruppe sitzt — wie bei Vollautomat und BÖHMAT — direkt auf einer Platine, die mit einer weiteren Platine im rechten Winkel verbunden ist. Dies erspart viele Kabelverbindungen. Die Lautstärke der einzelnen Instrumente kann durch Trimmpotis persönlichen Wünschen angepaßt werden. Ein Zugriegel oder Drehknopf dient zur Einstellung der Gesamtlautstärke des Schlagzeuges.

Der Ausgang dieser Schaltung wird zum Fußschweller und dann weiter zu einem Verstärker geführt. Wie schon erwähnt, soll der Hall für den Schlagzeugkanal sehr schwach eingestellt sein oder ganz fehlen, während die übrige Orgel reichlich Hall erhalten sollte. Durch mehrkanalige Wiedergabe laut Kapitel 1.6.6 wird dies am einfachsten und wirkungsvollsten erreicht.

Abb. 41. Anordnung der Schaltergruppen für Schlagzeug, BÖHMAT und Spezialeffekte bequem erreichbar direkt vor dem Untermanual.

2.9.3 Vollautomat

Als eine Zusatzstufe läßt sich der Vollautomat an das halbautomatische Schlagzeug anschließen. Dieser erzeugt die für die einzelnen Instrumente erforderlichen Spannungsimpulse in einem bestimmten, vorher wählbaren Rhythmus selbsttätig.

Dadurch braucht der Spieler den Rhythmus nicht mehr selbst zu bilden, was insbesondere bei komplizierteren Rhythmen recht schwierig wäre und nur ganz versierten Spielern einigermaßen gelingt. So wird nicht nur der Spieler entlastet, sondern auch der Klang und der Rhythmus verbessert. Gleichzeitig beflügelt der nun bessere Rhythmus wiederum den Spieler, so daß dieser noch schwungvoller und besser musizieren kann.

Während im Handel befindliche, fertige vollautomatische Schlagzeuge mitunter recht einfach konstruiert sind und dann auf die Dauer nicht befriedigen, empfiehlt der Verfasser, den Aufwand relativ hoch zu treiben. Dies lohnt sich in jedem Fall. Der Rhythmus ist dann weniger eintönig und das Schlagzeug genau so schwungvoll, interessant und mitreißend, als wenn ein wirklicher Schlagzeuger hinter seinem Instrumentarium sitzt.

Bei der Konstruktion des hier empfohlenen Vollautomaten wurde Wert darauf gelegt, daß möglichst viele Instrumente unabhängig voneinander erklingen können. Bei einfachen Schlagzeugen faßt man die einzelnen Instrumente mitunter zu nur zwei Gruppen zusammen, so daß zu bestimmten Zeitpunkten die eine Gruppe, zu anderen Zeitpunkten die andere Gruppe erklingt. Besser ist es, wenn mehr solche Gruppen gebildet werden können. Dies macht erforderlich, daß der Impulsgeber des Vollautomaten nicht nur zwei, sondern z.B. vier oder fünf verschiedenartige Impulsketten gleichzeitig nebeneinander abgeben kann. **Wertvoll ist auch, wenn vier aufeinanderfolgende Takte nicht gleich, sondern unterschiedlich gestaltet sind.**

Die Qualität eines vollautomatischen Schlagzeuges steigt mit dem Auflösungsvermögen. Während einfache Ausführungen z.B. **bis acht *zählen können*, zählen bessere bis 64, wodurch über vier Takte hinweg Sechzehntel-Noten erhalten werden können.**

Weitere Qualitätsmerkmale werden dadurch gebildet, daß die verschiedensten Synkopen vorkommen, wodurch allerdings der Aufwand steigt. Auch hier empfiehlt der Verfasser, von Verein-

fachungen abzusehen und lieber einen höheren Aufwand zu treiben, wenn durch mehr bzw. bessere Synkopen, Zwischenschläge usw. bessere und interessantere Ergebnisse erzielt werden können.

Vollautomatische Impulsgeber besitzen in der Regel eine Anzahl von Bedienungstasten, mit denen fest programmierte Rhythmen eingestellt werden können, z.B. Foxtrott, Beat, Walzer, Samba, Beguine, Cha-Cha-Cha usw. Es ist zweckmäßig, wenn der Vollautomat so ausgelegt wird, daß beim gleichzeitigen Drücken zweier oder mehr Tasten eine glatte Addition der Rhythmen erfolgt, nicht also etwas Unerwartetes, Neues gebildet wird. Durch gleichzeitiges Drücken mehrerer Tasten findet man dann noch mehr Klangmöglichkeiten und kann die einzelnen Rhythmen nach Bedarf variieren, auch innerhalb eines Musikstückes.

Die früher bekannten vollautomatischen Schlagzeuge besaßen einen Fußschalter, mit dem sie ein- und ausgeschaltet werden. Dies ist für den Spieler etwas umständlich, weil in der Regel der Fuß sofort mit dem Pedalspiel beginnen muß. Der Verfasser hat statt dessen eine Methode entwickelt, bei der das Schlagzeug automatisch mit der Note Eins beginnt, sobald erstmals eine Pedaltaste gedrückt wird, und dann einen ganzen Takt automatisch ausführt. Wird wenigstens bei jedem Takt zum Zeitpunkt Eins eine Pedaltaste gedrückt, so läuft das Schlagzeug weiter, wobei es sich in geringem Umfang auch dem Tempo und insbesondere Verzögerungen anpaßt. Zwischenzeitlich können Pedaltasten beliebig oft gedrückt werden, ohne daß das Schlagzeug dadurch aus dem Takt gebracht wird. Lediglich, wenn man ganz mit dem Pedalspiel aussetzt, verstummt auch das Schlagzeug nach Ablauf des betreffenden Taktes. Dies ist spieltechnisch günstig. Man kann somit das Schlagzeug bewußt eine Zeit lang fehlen lassen. Ist man, wie es bei Anfängern vorkommen kann, einmal beim Spiel mit den Händen oder den Füßen aus dem Takt gekommen, kann also dem Vollautomaten nicht mehr folgen, so braucht man deswegen das Spiel nicht zu unterbrechen, sondern hört lediglich für einen Takt mit dem Pedal auf zu spielen, so daß das Schlagzeug verstummt, und beginnt dann erstmals bei einer Note eins wieder mit dem Pedalspiel. Somit hat sich das Schlagzeug dem Spieler wieder angepaßt. Dies ist besser als der umgekehrte Weg. Wenn übrigens die elektronische Orgel

kein Pedal besitzt, so kann statt dessen ein kleiner Fußtaster verwendet werden. Auch eine zusätzliche optische Kontrolle **in Form einer Leuchtziffernanzeige für Tempo und Takt ist vorgesehen.**

Ein gutes vollautomatisches Schlagzeug ist eine sehr wesentliche Bereicherung und Hilfe für das Spiel leichter Orgelmusik. Es verbessert den Charakter des Dargebotenen erheblich, begeistert alle Zuhörer und beflügelt darüber hinaus den Spieler, so daß er rasch Perfektion erlangt.

Die technischen Details seien hier nur kurz gestreift. Eine Art Hauptoszillator erzeugt eine ununterbrochene Folge von Rechteckimpulsen, sobald im Pedal oder BÖHMAT eine Taste gedrückt oder der Startknopf betätigt wird. Die Frequenz und damit die Schnelligkeit des Tempos kann vom Spieler mit einem Zugriegel oder Drehknopf eingestellt werden. Man kann sie auch auf "Standard-Tempo" umschalten. Dann hat jeder der 21 Rhythmen sein bestimmtes, mittels einzelner Trimmpotis einstellbares Normaltempo. Auch allmähliche, automatische Tempobeschleunigungen oder -Verzögerungen sind möglich sowie auch automatische Schlagzeug-Solos.

Die oben erwähnte Impulsfolge steuert drei große, steckbare IC's, in denen die verschiedenen Impulsketten zum automatischen Ansteuern der Schlaginstrumente des Halbautomaten und des BÖHMAT erzeugt werden. Natürlich sind die Impulsketten für jeden der 21 wählbaren Rhythmen und deren Kombinationen unterschiedlich gestaltet. Zum Einschalten dieser Rhythmen dienen zwei Schaltergruppen vor dem Untermanual gemäß *Abb. 41.*

Der hier beschriebene Schlagzeug-Bausatz ist vom musikalischen und technischen Standpunkt her unübertroffen. Durch Platinen mit aufgedrucktem Bestückungsplan, steckbare IC's und Vielfach-Steckkabel ist der Selbstbau auch für Laien einfach und sicher.

2.9.4 BÖHMAT

Wie schon angedeutet, erzeugt der BÖHMAT zwar einen Rhythmus, jedoch keine Geräusche wie das Schlagzeug, sondern Töne. Im jeweils vorher eingestellten Rhythmus des Voll-

automaten erklingen vollautomatisch: Baß mit Wechselbaß, acht verschiedene Baßläufe (Walking-Bässe), tiefer Akkord 8' + 4', hoher Akkord 2' + 1' sowie sehr virtuos wirkende, mehrstimmige Arpeggio-Läufe über mehrere Oktaven. Alle diese Effekte werden über unterschiedliche Impulsketten angesteuert, die wie beim Schlagzeug über vier Takte hinweg jeweils unterschiedlich ausgebildet sind und sich erst danach wiederholen. Zur weiteren Klangabwechslung können Akkord-Koppeln, Akkord-Dauertöne, Piano-Akkorde, Gitarren-Akkorde, eine Klangautomatik (für Wah-Wah-Akkorde) und die Rechteckschwingung zugeschaltet werden. Letztere wirkt aus Klanggründen nicht auf die Bässe.

Bei eingeschaltetem BÖHMAT sind links im Untermanual etwa 1 1/4 Oktaven abgeteilt. Diese Tasten dienen zur Auswahl der gewünschten Tonart mit einem Finger und zu Harmoniewechseln. Der eingebaute Harmoniespeicher läßt die Begleitung weiterlaufen, auch wenn man den Finger von den Tasten nimmt, um etwa eine andere Klangfarbe einzustellen. Bei ausgeschaltetem BÖHMAT ist jedoch das ganze Untermanual normal mit allen Registern spielbar.

Durch diese Spielhilfe gelingt es auch Anfängern, die in der Lage sind, mit der rechten Hand einfache Melodien zu spielen, perfekt zu musizieren. Trotz einfachster Bedienung wird ein vollendetes Klangbild erzeugt, dessen schwungvoller Rhythmus jedermann begeistert. Auch für Fortgeschrittene ist der BÖHMAT eine deutliche Erleichterung bei gleichzeitiger Ver-

Abb. 43. Einschiebbare Zusatzklaviatur für den BÖHMAT (Bei der neuen, verbesserten Ausführung "78" im Untermanual integriert)

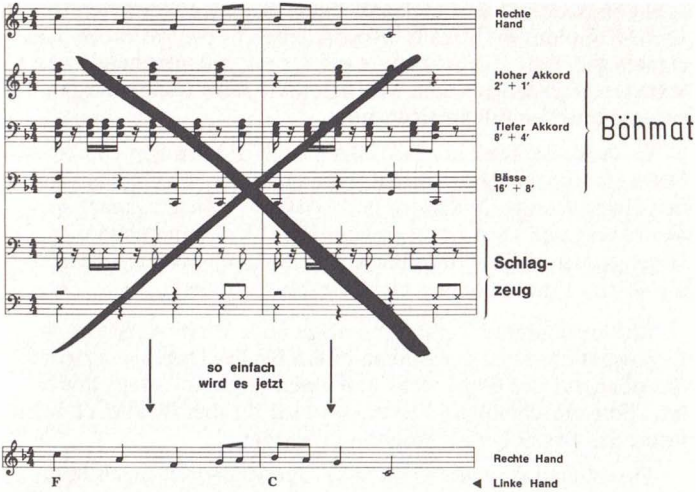


Abb. 44. Notenbeispiel für die Spielerleichterung durch den BÖHMAT. F = F-Taste drücken, C = C-Taste drücken. Dadurch erklingt alles oben Durchgestrichene automatisch

besserung des Vortrages. Wenn man ihn benutzt, kann man sich ganz auf die Melodieführung mit der rechten Hand konzentrieren sowie auch auf etwaige Registrierungswechsel während des Spiels. *Abb. 44* zeigt an einem Notenbeispiel, was das vollautomatische Schlagzeug und der BÖHMAT leisten. Sie beweist eindeutig die erhebliche Spielerleichterung und klangliche Verbesserung. Mit einem Finger der linken Hand spielt man all das, **was oben im Bild durchgestrichen ist. Die neuen, komplizierten automatischen Arpeggio-Lauffiguren sind im Bild nicht eingezeichnet, da sie nicht in einem einzigen 5-Linien-Notensystem unterzubringen sind.**

Eine genaue technische Funktionsbeschreibung ist hier aus Platzgründen leider nicht möglich. Zum Aufbau dieses Bausatzes ist sie aber auch nicht notwendig. Modernste IC-Schaltungen ermöglichen, die vom BÖHMAT zu spielenden Tonarten zu speichern und automatisch Baß-Läufe erklingen zu lassen. Verschiedene Nachklangstufen bilden klangecht Gitarre und Piano nach.

Aus den zunächst vorhandenen Dauer-Signalen werden mittels Opto-Kopplern die jeweils erforderlichen impulsförmigen Tonsignale gebildet. Die Steuerung erfolgt mit entsprechend vorverstärkten Signalen aus dem Vollautomat. Alles Nähere zeigen die entsprechenden Bauanleitungen.

Lt. *Abb. 45* kann der BÖHMAT auch unabhängig von einer Orgel als Kompaktbox gebaut werden. In diesem Gehäuse finden Halbautomat, Vollautomat, BÖHMAT, Zusatzgenerator, Verstärker und zwei Lautsprecher Platz. Es kann neben die Orgel gestellt werden und bietet z.B. bei anderen Fabrikaten, die solche Vorrichtungen nicht besitzen, Vorteile.

Bei vorhandener Verstärkeranlage oder Mitverwendung des Orgelverstärkers ist der Einbau in ein flaches Gehäuse möglich, das oben auf der Orgel steht und einen eigenen Notenständer hat. Eine einschiebbare Zusatzklaviatur für den BÖHMAT kann unter das Orgeloberteil geschraubt werden.

Für Alleinunterhalter, die hohe Verstärkerleistungen brauchen und Wert auf ein ausgefallenes Design legen, ist die Ausführung "Sextett 78" empfehlenswert. Sie erinnert an die Form eines Schlagzeugs und nimmt Schlagzeug, BÖHMAT, 150-Watt-Verstärker (Kapitel 1.8) und entsprechende Breitband- Hochtonlautsprecher auf.

Abb. 45. Halbautomatisches und vollautomatisches Schlagzeug, BÖHMAT, Verstärker und zwei Lautsprecher als separate Einheit (BÖHMAT-Compact)

3 Der Selbstbau elektronischer Orgeln

3.1 Vorteile des Selbstbaus

Der Verfasser begann vor Jahren als einer der ersten mit dem Bau elektronischer Orgeln. Über seine Ergebnisse berichtete er in verschiedenen Veröffentlichungen [3]. Schon dadurch konnte er eine größere Anzahl von Interessenten ebenfalls für den Bau elektronischer Orgeln begeistern, die sich übrigens schon damals durchaus hören lassen konnten. Durch die Entwicklung kompletter Bausätze, die mit der Zeit immer ausgereifter wurden, konnte dieses Selbstbaugebiet auch für interessierte technische Laien erschlossen werden. Auch die Orgeln selbst wurden laufend weiter verbessert und durch vielseitige Zusatzeffekte bereichert. In der Zwischenzeit haben viele Tausend begeisterter Musikfreunde ihr Instrument auf diese Weise gebaut. Da diese Instrumente auch eifrig gespielt und anderen zu Gehör gebracht werden, wird die Selbstbaumethode häufig weiterempfohlen, so daß die Zahl der auf diese Weise erstellten elektronischen Orgeln immer weiter wächst. Dieser Erfolg beweist die zahlreichen Vorteile des Selbstbaus, die nachstehend näher untersucht werden sollen:

An erster Stelle steht sicherlich die Freude, selbst etwas Hochwertiges zu schaffen, das von dauerhaftem Wert ist und seinem Besitzer ständig weitere Freude schenkt. Aus eigener Erfahrung weiß der Verfasser, wieviel Spaß es macht, das eigene Werk wachsen zu sehen, bis man ihm eines Tages die herrlichsten Klänge entlocken und auch andere damit begeistern kann. Sicherlich ist der Selbstbau auch sehr lehrreich. Man lernt die Materie recht genau kennen, auch wenn man sich vorher nicht mit ihr befaßt hat. Im Laufe der Zeit wird man zu einem Fachmann, der über den Dingen steht und auch eigene Sonderwünsche verwirklichen kann.

Hinzu kommt, daß man sich durch Selbstbau eine elektronische Orgel schaffen kann, deren Qualität weit über dem Durchschnitt, häufig sogar an der Spitze liegt. Viele Selbstbauorgeln sind so gut, daß sie von keiner anderen auf dem Markt befindlichen Orgel übertroffen werden. Dies bezieht sich auf den

Klang, die Qualität der Einzelteile und der Verarbeitung sowie die verschiedensten Zusatzeffekte und Ergänzungsmöglichkeiten. Durch Selbstbau ist es möglich, eine Orgel ganz nach Wunsch zu bauen, die den persönlichen Vorstellungen des Besitzers am besten entspricht. Oft sind solche Instrumente im Handel nicht zu finden. Diese individuelle Fertigung nach persönlichen Wünschen kann auch in Teilschritten erfolgen, so daß man beispielsweise zunächst die Grundausstattung, später Zusatzeffekte erstellt.

Wenn man eine solche elektronische Orgel baut, die in ihrer Grundauslegung gut ist, bietet sie die Möglichkeit, jederzeit Zusatzeffekte zufügen zu können, nicht nur eine Anpassung an den jeweiligen Hobby-Etat, sondern auch den großen Vorteil, daß man die Orgel immer wieder auf den neuesten Stand der Technik bringen kann. Wie schon erwähnt, muß eine im Handel fertig gekaufte Orgel in der Regel durch eine neue ersetzt werden, wenn im Laufe der Zeit spezielle, neue Effekte entwickelt und gewünscht werden. Dies ist in der Regel mit finanziellen Verlusten verbunden. Nach der Selbstbaumethode kann man auch später solche neuen Effekte jederzeit leicht einbauen, so daß man stets ohne große finanzielle Belastung ein Instrument besitzt, das dem neuesten Stand der Technik entspricht. Der Verfasser gestaltet seine Neuentwicklungen stets so, daß sie auch in ältere Orgeln, die nach seinem System gebaut wurden, leicht zugefügt werden können. Dies bringt nicht nur dem Kunden die oben erwähnten Vorteile, sondern macht die Entwicklungsarbeiten auch eigentlich erst lohnend.

Gut ausgereifte Bausätze bieten die Gewähr dafür, daß der Hobbyfreund sicher zum Ziel kommt, daß er ein Musikinstrument von bester Qualität erhält und daß Material- und Zeitaufwand sich somit wirklich lohnen. Die zugehörigen ausführlichen Bauanleitungen, die übrigens den Rahmen dieses Buches sprengen würden, sind so durchdacht und ausführlich, daß bei ihrer Beachtung und sorgfältiger Arbeitsweise größtmögliche Sicherheit, auch für den Anfänger, besteht. Ferner bieten diese Bausätze die Gewähr, daß nur wirklich geeignete Bauteile verwendet werden. Diese sind ja im normalen Handel häufig nur sehr schwierig zu beschaffen oder zu teuer. Für die Bausätze sind ferner viele Spezialteile entwickelt worden, die besondere Vorteile bringen, aber sonst nicht erhältlich sind. Als Beispiel seien

genannt: Spezielle, steckbare integrierte Schaltkreise, besondere, speziell selektierte Transistoren, hochwertige Klaviaturen, zuverlässige Tastenkontakte mit präzise gelochten Kontaktplatten aus hartem Kunststoff und speziellen Aluminium-Profilklemmleisten, leicht einzubauende Registerschalter mit passenden Beschriftungen, fertige Orgelgehäuse mit allen Aussparungen, besondere Zugriegel, verschiedenartigste mechanische und elektrische Kleinteile aus Metall oder Kunststoff, deren Details liebevoll und sorgfältig durchkonstruiert wurden, und insbesondere die sehr zahlreichen, verschiedenen Platinen mit aufgedrucktem Bestückungsplan. In den hier empfohlenen Bausätzen sind alle erforderlichen Bauteile, bis zur letzten Schraube hin, enthalten, einzeln in beschrifteten Tüten verpackt und für die einzelnen Baustufen wiederum in speziell bezeichneten Kartons sortiert. Letzteres bietet den Vorteil, daß man dem Baufortschritt entsprechend nur jeweils einen kleineren Karton zu öffnen braucht und alles übersichtlich geordnet vorfindet. — Bei Verwendung solcher Bauteile lassen sich auf relativ einfache Weise hochwertige elektronische Orgeln selbst bauen, die dem neuesten Stand der Technik entsprechen und zuverlässig sowie praktisch unbegrenzt haltbar sind.

Da die Gehäuse fertig lieferbar sind und alle Aussparungen und Löcher enthalten, braucht man zum Selbstbau relativ wenig Werkzeug. Die geldliche Ersparnis wurde schon angedeutet. Das Material kostet nur etwa ein Viertel bis ein Drittel vom Wert der fertigen Orgel. Je größer diese ist, desto preiswerter wird der Selbstbau. Hierzu sei noch erwähnt, daß der Bau von solchen elektronischen Orgeln mit gutem Erfolg auch neben- oder hauptberuflich durchgeführt wird. Wenn man hochwertige elektronische Orgeln sorgfältig aufbaut, ist es relativ einfach, zufriedene Kunden zu finden, die ihrerseits diese gern weiter empfehlen. Die vom Verfasser angemeldeten Patente und Gebrauchsmuster dürfen übrigens auch beim gewerblichen Nachbau ohne weiteres mitbenutzt werden, wenn diese Orgeln ausschließlich aus den hier empfohlenen Bausätzen [4] erstellt werden.

Die Tatsache, daß auch Laien solche Orgeln aus Bausätzen mit bestem Erfolg bauen, sollte übrigens solche Hobbyfreunde, die über technische Vorkenntnisse verfügen, nicht dazu verlei-

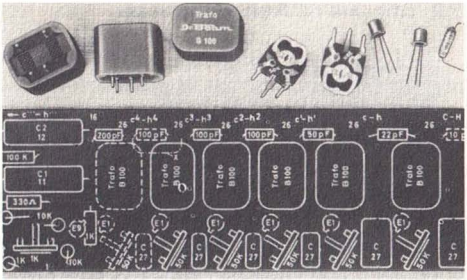
ten, beim Bau weniger Sorgfalt walten zu lassen oder die Bauanleitungen weniger zu beachten. Letztere enthalten nämlich auch viele Hinweise, die nur für Laien zugeschnitten sind. Der Techniker neigt deshalb dazu, die Texte zu wenig zu beachten und nur nach Schaltplänen und sonstigen Zeichnungen zu bauen. Die Erfahrung hat aber gezeigt, daß auch bei Vorhandensein technischer Vorkenntnisse alle gegebenen Hinweise genau beachtet und alle Arbeiten mit der erforderlichen Sorgfalt durchgeführt werden müssen. Technische Laien tun dies aus einer gewissen Vorsicht heraus eher und kommen dann leicht zu einem einwandfreien Ergebnis.

Der Service bereitet bei selbstgebauten Orgeln weniger Probleme als bei Fertiginstrumenten. Durch den Bau erlangt man so viel Kenntnisse und Erfahrungen, daß etwaige Störungen, die bei sorgfältigem Aufbau und Verwendung guten Materials ohnehin eine Ausnahme bilden, rasch behoben werden können. Gut ausgearbeitete Bauanleitungen geben darüber hinaus auch Hinweise, wie man relativ leicht etwa beim Bau gemachte Fehler finden und beheben kann.

Der Arbeitsaufwand beim Selbstbau ist bei einer guten elektronischen Orgel zwar nicht gering, jedoch überschaubar. Da die einzelnen Töne auf gleichartige Weise erzeugt werden, findet man viele gleichartige Bausteine und Arbeiten, die häufig wiederkehren. Man kann durch Serienarbeit und rationelle Arbeitsweise viel Zeit sparen und den Selbstbau vereinfachen. Erst durch die Menge der häufig gleichartigen Teilbausteine flößt ein Blick in das Innere einer elektronischen Orgel dem unvoreingenommenen Betrachter einen gewissen Respekt ein. Da der Selbstbau zudem in Teilstufen vorgenommen wird und diese für sich auch geprüft werden können, ist vieles einfacher, als man anfangs glaubt. Die Bauzeit beträgt bei Feierabend- und Wochenendarbeit je nach Orgelgröße in der Regel etwa 2 . . . 12 Wochen.

Wegen der Möglichkeit, sich ein hochwertiges Instrument schaffen zu können, das seinem Besitzer ein Leben lang Freude bereiten und bei entsprechender Auslegung auch höchsten Ansprüchen gerecht werden kann, sei der Selbstbau an dieser **Stelle nochmals wärmstens empfohlen (siehe Hinweis in Kap. 3.9).**

a



b

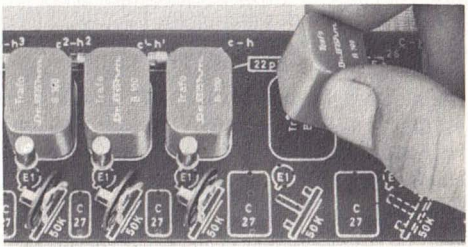
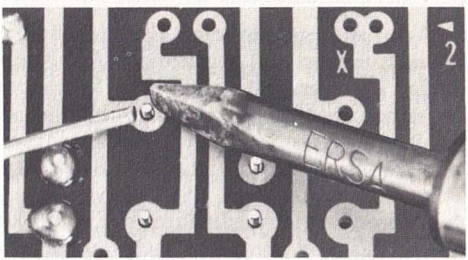
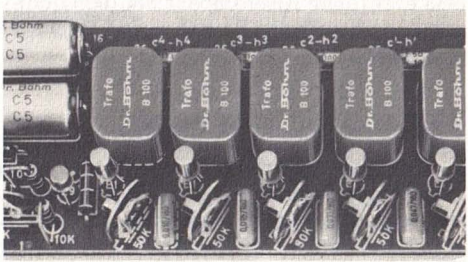


Abb. 46 a . . . d. Das Bestücken einer Platine. In die Löcher der leeren Platine werden laut aufgedrucktem Bestückungsplan die Bauteile eingesteckt und auf der Rückseite festgelötet

c



d



3.2 Allgemeine Aufbauhinweise

Es folgen einige allgemeine Hinweise zum Selbstbau elektronischer Orgeln. Dabei ist es nicht erforderlich, allzusehr ins Detail zu gehen, weil der Selbstbau in der Regel durchweg mit Hilfe von ausgereiften Bausätzen erfolgt, wenn ein guter Erfolg und ein hochwertiges Ergebnis sichergestellt sein sollen. Den Bausätzen liegen ausführliche Bauanleitungen bei, so daß der Selbstbau auch für den Anfänger absolut sicher durchführbar ist. Die folgenden Hinweise beziehen sich auf solche Bausätze, sind jedoch auch von allgemeinem Interesse.

Der Aufbau der einzelnen Teilstufen mit Hilfe gedruckter Schaltungen, der vom Verfasser erstmals in Europa bei einer elektronischen Orgel angewandt wurde, hat sich heute allgemein durchgesetzt und sei auch für den Selbstbau ausdrücklich empfohlen. Bei den vom Verfasser herausgebrachten Bausätzen haben die Platinen darüber hinaus einen aufgedruckten Bestückungsplan, der im Klartext, nicht durch Zahlen verschlüsselt, zeigt, an welchen Positionen die einzelnen Bauteile einzusetzen sind. Die Stärke der Platinen sollte 2 mm betragen. Das Bestücken ist laut Abb. 46 leicht und sicher durchführbar.

Wenn aus irgendwelchen Gründen einmal von den vorbereiteten Bausätzen und zugehörigen Anleitungen abgewichen wird, so sind in jedem Fall ausführliche Vorversuche zu empfehlen, aus denen die Möglichkeit der Durchführung und die Eignung der Bauteile erkennbar sind. Dies gilt insbesondere dann, wenn eine größere Anzahl gleichartiger Baustufen, z.B. für einzelne Töne, zu erstellen sind. Diese Vorversuche sollten unter allen denkbaren Betriebsbedingungen, z.B. bei künstlich erzeugten Spannungs- und Temperaturschwankungen erfolgen und auch eine eventuelle Alterung der Bauteile berücksichtigen. Bei Verwendung bewährter Bausätze sind solche Vorversuche nicht erforderlich.

3.3 Sägezahn-Rechteck-Generator

Die großen Vorteile und der einfache Aufbau des neuen, umschaltbaren Sägezahn-Rechteck-Generators des Verfassers wurden bereits im Kapitel 1.2.4 beschrieben. Alle IC's des Generators besitzen Steckfassungen, deren Einlöten unkritisch ist. Ver-

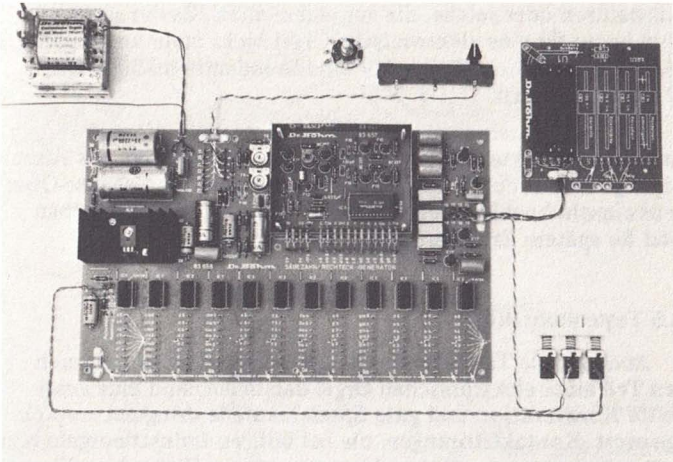


Abb. 47. Der fertige Sägezahn-Rechteck-Generator

sehentlich durch Lötzinn überbrückte Anschlüsse lassen sich sehr einfach wieder trennen. Jede der bisherigen, umfangreichen "Kaskaden" besteht nur noch aus einem einzigen IC. Die Anschlüsse für die Schnellverkabelung der Tastenkontakte sind an großen Lötstiften herausgeführt. Der Generator wird am Schwenksystem (Kapitel 3.4) ebenfalls schwenkbar angebracht. Die Drucktasten für Rechteck-Umschaltung, Kathedraleffekt und Synthemat (automatische Synthesizer-Effekte) sitzen griffnah vor oder neben den Klaviaturen, desgleichen die Zugriegel für Vibrato-Stärke und -Schnelligkeit.

3.4 Klaviaturen

Als Klaviaturen sind für den Selbstbau elektronischer Orgeln unbedingt die auch in den Bausätzen verwendeten Spezialklaviaturen mit Stahlrahmen und Kunststofftasten zu empfehlen. Sie werden für einige Orgeltypen zur Transportvereinfachung in losen Teilen, die noch zusammengeschraubt werden müssen,

oder für andere Modelle fertig montiert geliefert. Selbstgebaute Klaviaturen oder solche, die aus einem alten Klavier stammen, sind heute für eine elektronische Orgel nicht mehr zu empfehlen. Auch geeignete Fußpedale sind in industriemäßiger Qualität fertig lieferbar.

Die Klaviaturen werden, wie auch Generator, Klangformung und Zusatzeffekte, auf ein passendes Schwenksystem aus Aluminium geschraubt und lassen sich nach Abheben des Gehäuse-Oberteils einzeln hochklappen und arretieren. Das ist zum Aufbau und für spätere Erweiterungen sehr praktisch.

3.5 Tastenkontakte

Auch für die Tastenkontakte, die ja den meist beanspruchten Teil einer elektronischen Orgel darstellen, sind eine ausgereifte Konstruktion und gute Spezialbauteile dringend empfehlenswert. Kontaktstörungen, die bei billigen Industrieorgeln nicht selten vorkommen, wären sehr unangenehm. Vielmehr sollten die Kontakte auf unbegrenzte Zeit absolut zuverlässig arbeiten, ohne daß jemals eine Wartung erforderlich ist. Ferner sollen sich mechanische Kontakte leicht aufbauen und ohne teure Zusatzbauteile, wie Verharfungsplatinen und Kabelbäume, untereinander verbinden und an den Generator anschließen lassen. Sie sollen außerdem genau zu den Klaviaturen passen und sich leicht an diese anbringen lassen. Die hier empfohlenen Bausätze [4] erfüllen alle diese Voraussetzungen.

Abb. 48 zeigt das Prinzip der Arbeit und Kosten sparenden Schnellverkabelung; die schon im Kap. 1.5.4 beschriebene Kontakteinheit ist hier nur zum Teil dargestellt. Mit Hilfe des den Bausätzen beiliegenden Schnellverkabelungswerkzeuges werden die Leitungen, die die einzelnen Kontakte und die Manuale miteinander verbinden und gleichzeitig an den Generator anschließen, gleichsam *geschrieben*. Dies erfolgt nach einem einfachen Zahlenschema. Zunächst werden alle Leitungen, ohne abzusetzen, verlegt. Dies bietet den Vorteil, daß man das häufige Wechseln des Werkzeuges vermeidet und damit sehr viel Zeit spart. Anschließend werden alle Anschlüsse, wiederum ohne Unterbrechung, verlötet. Durch das besondere Litzenmaterial ist ein vorheriges Abisolieren nicht erforderlich. Auch dies bringt wieder den Vorteil, daß das Werkzeug nicht gewechselt zu wer-

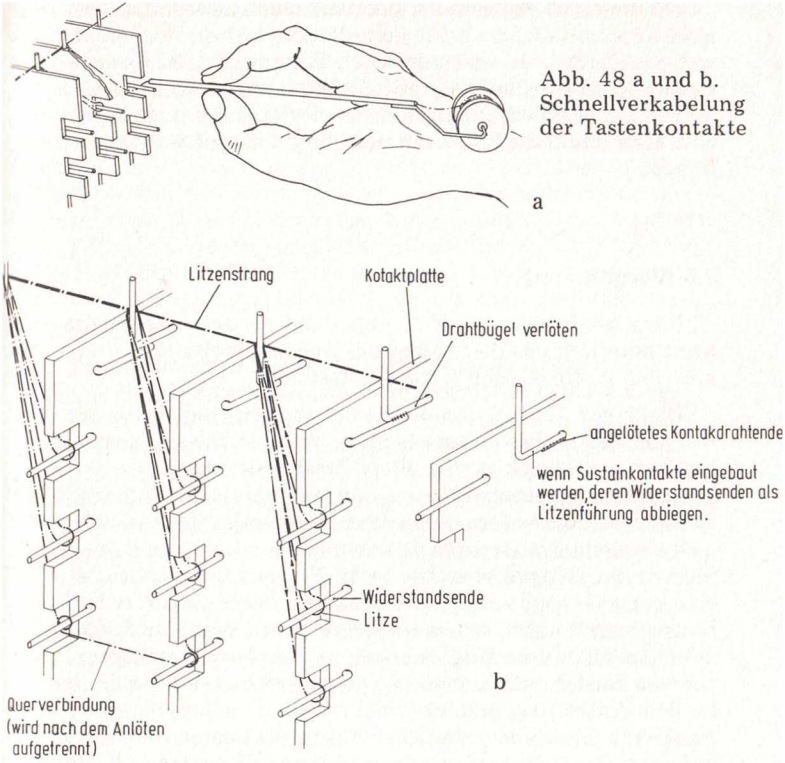


Abb. 48 a und b. Schnellverkabelung der Tastenkontakte

den braucht. Anschließend werden die entstandenen Kabelbäume etwas abgebunden, befestigt und die waagerechten Querverbindungen aufgetrennt. Diese sind ja nur dadurch entstanden, daß die Litzen in einem Arbeitsgang verlegt werden und unterscheiden sich durch ihre besondere Lage deutlich von den übrigen Leitungen.

Innerhalb weniger Stunden ist so ein Kabelbaum entstanden und angeschlossen, der die Klaviaturen untereinander und mit dem Generator verbindet. Diese Schnellverkabelung ist ein sehr elegantes Arbeitssystem, das auch von Laien leicht durchgeführt werden kann und absolute Zuverlässigkeit garantiert.

Bei der Orgel Professional 2000 des Verfassers und deren Nachfolgemodellen ist keine Schnellverkabelung erforderlich, weil die Platinen der elektronischen Tastung und des Generators einfach in eine neuartige, große Grundplatine gesteckt werden. Sie enthält alle Verbindungen dieser Stufen untereinander und wird über steckbare Kabel mit den übrigen Orgelbausteinen verbunden.

3.6 Klangformung

Die Klangformung wird lt. Abb. 3 auf ein herausnehmbares Brett montiert, das Bestandteil des Gehäuseoberteils ist und mit allen Aussparungen fertig geliefert wird.

Die in der Abb. 25 von der Bedienungsseite her sichtbaren Registerschalter bieten verschiedene Vorteile. Sie sind platzsparend, so daß sich auch größere Orgeln mit sehr vielen Registern mit vertretbaren Gehäuseabmessungen verwirklichen lassen. Sie besitzen ferner eine leichte Bedienbarkeit, so daß man bei Bedarf rasch umregistrieren kann, um während des Stückes die Klangfarbe zu wechseln. Ferner kann man leicht eine ganze Gruppe von Registerschaltern in die eine oder andere Endstellung bringen, indem man einfach mit dem Finger darüber streicht. Diese Möglichkeiten werden nur bei wenigen anderen Ausführungen geboten. Außerdem bieten diese Schalter den Vorteil, daß man sie leicht montieren kann. Sie sind nämlich in jeweils erforderlicher Anzahl als komplette Gruppe lieferbar. Das früher erforderliche einzelne Einsetzen und Ausrichten der Registerschalter entfällt. Alle jeweils nebeneinander liegenden Registerschalter bilden eine kompakte Einheit, die mit nur zwei Schrauben in dem zugehörigen Ausschnitt des Klangformungsbrettes von der Rückseite her festgeschraubt zu werden braucht. Letztere wird übrigens zur Abschirmung mit einer selbstklebenden Aluminiumfolie beklebt. Auch die Potentiometer werden mit passender Gewinde- und Achslänge geliefert und lassen sich einfach in die bereits vorhandenen Bohrungen einsetzen. Sehr zweckmäßig sind ferner die Schaltergruppen für Spezialeffekte, die unterhalb der eigentlichen Registerschalter angebracht werden. Auch sie werden zu entsprechenden Gruppen vereinigt geliefert. Zur Befestigung einer solchen

Gruppe sind nur zwei Holzschrauben erforderlich. Die Schlitze sind ebenfalls im Klangformungsbrett enthalten und werden bei Nichtbedarf durch mitgelieferte, selbstklebende Kunststoffstreifen abgedeckt, die das gleiche Aussehen haben wie die furnierte Oberfläche des Orgelgehäuses. Zweckmäßig sind ferner passend lieferbare, selbstklebende Kunststoff-Beschriftungsleisten, die oberhalb der Registerschalter auf das Gehäuse geklebt werden. Sie bieten ein besseres Bild und eine bessere Haltbarkeit, als wenn die Beschriftung direkt auf den Schaltern aufgebracht wäre. Das spezielle Kunststoffmaterial für diese Beschriftungsstreifen besteht aus sieben Schichten und ist trotz erstklassiger Ausführung durch sehr hohe Auflagen recht preiswert.

Da die hier empfohlenen Klangformungen wegen der im Kap. 1.6.5 beschriebenen Hintereinanderschaltung der Filter nur wenige Bauteile erfordern, lassen sie sich relativ leicht aufbauen. Wie *Abb. 49* (siehe Klapptafel am Schluß des Buches) zeigt, werden die wenigen erforderlichen Bauteile direkt an die Schalteranschlüsse gelötet. Die meisten Filter bestehen aus Kondensatoren und Widerständen. Nur wenige Register enthalten zusätzlich eine Drossel. Alle Drosseln der gesamten Klangformung werden zweckmäßig auf der Baßseite des Klangformungsbrettes angeordnet, damit sie einen möglichst großen Abstand von den Netztrafos haben und keine magnetische Brummeinstreuung aufnehmen können. Auch diese Drosseln sind neuerdings in der jeweils für eine Orgel erforderlichen Anzahl als komplette Gruppen lieferbar, die als platzsparende Einheit mit nur zwei Schrauben auf dem Klangformungsbrett befestigt wird.

Gedruckte Schaltungen sind bei dieser Art von Klangformung nicht erforderlich, weil sich die Einzelteile, wie geschildert, leicht direkt an den Schaltern festlöten lassen.

Die Abb. 49 (siehe Klapptafel am Schluß des Buches) zeigt das gesamte Verdrahtungsbild der Klangformung.

Nach Anschluß der Klangformung über entsprechend lange Leitungen an die Tastenkontakte und den Fußschweller, der seinerseits mit Verstärker und Lautsprecher in Verbindung **steht, wird das Klangformungsbrett mit wenigen Schrauben am Schwenksystem befestigt. Es läßt sich dann wie die Klaviaturen leicht hochklappen, so daß alle Bauteile leicht erreichbar sind.**

Die im Kapitel 1.6.11 beschriebenen Sinus-Universal-Zugriegel können bei Bedarf ebenfalls leicht eingebaut und an die Klangformung angeschlossen werden. Der Aufbau erfolgt mit Hilfe der fertig erhältlichen Kunststoff-Teile und Druckschaltungen auf einem oder mehreren Seitenbrettchen neben den Klaviaturen. Die Brettchen sind hierzu mit passenden Aussparungen versehen, die zum Einbau der Zugriegel leicht geöffnet werden können. Die Platinen werden laut Aufdruck mit den zugehörigen Sinusfiltern bestückt und über Mehrfachkabel mit der übrigen Klangformung verbunden. Auch der Aufbau der Sonderzugriegel erfolgt auf gleiche Weise mit fertigen Kunststoffteilen und gedruckten Schaltungen.

3.7 Das Stimmen

Ein Stimmen im herkömmlichen Sinn ist bei den neuen Orgeln des Verfassers nicht erforderlich. Lediglich zwei Trimmpotis werden zur Tonhöhenfestlegung der beiden Endpunkte des Oktavschiebers einmal eingestellt.

Bei älteren Orgeln mit zwölf Hauptoszillatoren mußten letztere im Quintenzirkel einzeln gestimmt werden, was aber auch in wenigen Minuten durchführbar war. Näheres kann in älteren Auflagen dieses Buches oder in den Bauanleitungen nachgelesen werden.

3.8 Sonstiges

Die übrigen Bausteine der Orgel bieten hinsichtlich des Aufbaues gegenüber dem zuvor Gesagten wenig Besonderheiten. Zur Aufnahme der Lautsprecher eignet sich das großvolumige Gehäuseunterteil der Orgel besonders gut und gewährleistet unter anderem eine gute Baßwiedergabe. Das gleiche gilt aber auch für die dazu passenden, separat aufstellbaren Lautsprechergehäuse. Die einzelnen Zusatzeffekte können nach Belieben sofort oder später in die Orgel eingebaut werden. Auch deren Bedienungsorgane, wie z.B. Drucktasten-Schaltergruppen, Drehknöpfe oder die neuen, praktischen Sonderzugriegel lassen sich in den Orgelgehäusen an vorbereiteten Stellen leicht

einsetzen. Bei Nichtgebrauch werden selbstklebende Abdeckungen aufgebracht.

Wenn übrigens die Orgel an fertige, schon vorhandene Verstärker angeschlossen wird, so soll deren Ausgangsleistung pro Kanal mindestens etwa 20 Watt betragen. Die Lautsprecher sollen nicht zu kleine Gehäuse und einen guten Wirkungsgrad besitzen.

Transportable Orgeln werden meist mit den zugehörigen, abschraubbaren Stahlgestellen versehen. Auf Wunsch lassen sich für besondere Fälle, z.B. für Alleinunterhalter oder größere Orchester, jedoch auch die kompletten Orgeln mit vollständigem Ober- und Unterteil leicht transportabel gestalten. Man verschraubt dann diese beiden Gehäuseteile nicht, sondern setzt sie lose aufeinander. Hierfür vorgesehene Zapfen halten sie unverrückbar fest. Die wenigen erforderlichen Verbindungen zwischen Ober- und Unterteil müssen in diesem Fall steckbar ausgeführt werden. Es handelt sich dabei im wesentlichen um die Zuleitungen zum Pedal und zum Fußschweller sowie für den Starkstrom zum Verstärker im Gehäuseunterteil. Auch hier sind die VDE-Vorschriften zu beachten.

Auf eine gute Befestigung aller Baugruppen im Orgelgehäuse ist zu achten. Die Leitungsführung der Verbindungen zwischen den einzelnen Stufen ist wenig kritisch, wenn hierfür die Kabel verwendet werden, die zu den Bausätzen gehören und die entsprechenden Hinweise in den Bauanleitungen beachtet werden.

Nochmals sei darauf hingewiesen, daß die Bauanleitungen nicht nur für Laien bestimmt sind und diesen einen einwandfreien Aufbau ermöglichen, sondern auch von Leuten mit technischen Vorkenntnissen beachtet werden sollten. Ein wirklicher Orgelbaufachmann ist man ja erst, wenn man wenigstens ein solches Instrument mit gutem Erfolg gebaut hat. Sind mehrere am Bau einer Orgel beteiligt, z.B. ein Laie und ein Techniker mit elektrischen Vorkenntnissen, so besteht leicht die Gefahr, daß der eine sich auf den anderen verläßt und keiner von beiden die Bauanleitungen richtig beachtet. Auch hier ist es wichtig, daß wenigstens einer für die sorgfältige und planmäßige Durchführung aller Arbeiten verantwortlich ist. Ein guter Erfolg ist dann in jedem Fall sichergestellt und die so gebaute Orgel wird ihrem Besitzer stets sehr viel Freude bereiten.

3.9 Bausatzkatalog

Der Verfasser hat in seinem Betrieb eine Abteilung eingerichtet, die alle benötigten Bauteile in geeigneter Qualität liefert (Fa. Dr. Böhm, Elektronische Orgeln, Abt. Bausätze, 495 Minden, Kuhlenstr. 130). Der Leser erhält auf Anforderung gern kostenlos einen Katalog, der ihn der Einzelteilsorgen enthebt und außer den Bauteilen auch gedruckte Schaltungen und komplette Bausätze mit entsprechenden Anleitungen zur weiteren Erleichterung des Selbstbaus anbietet. Auch werden Einladungen zu den beliebten Orgelkonzerten und Messen in ganz Europa sowie Neuheitenprospekte kostenlos verschickt und die Anschriften der Filialen im In- und Ausland mitgeteilt.

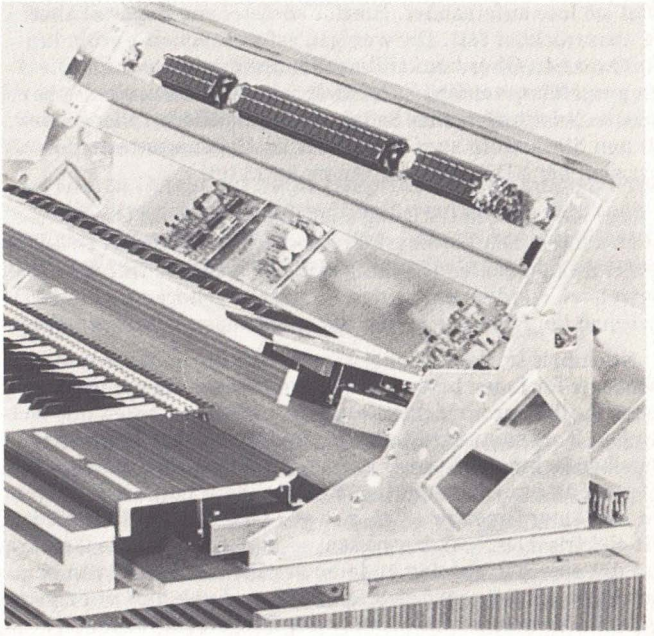


Abb. 48 c. Das Dr.-Böhm-Schwenksystem. Wie ein Buch lassen sich Manuale, Klangformungsbrett und Montagebrett auseinanderklappen und in jeder Stellung arretieren.

4 Beschreibung, Verwendungsmöglichkeiten und Aufbau kompletter elektronischer Orgeln verschiedener Größe

4.1 Allgemeines

Im folgenden soll eine Übersicht über verschiedene Ausführungsformen der elektronischen Orgeln und ihre Einsatzmöglichkeiten gegeben werden. Die Einteilung erfolgt nach der Zahl der Manuale und nach dem Verwendungszweck. In der industriellen Fertigung macht sich nämlich eine Trennung der angebotenen Typen in zwei Gruppen bemerkbar. Die eine Gruppe ist mehr für leichte Musik geeignet, während die andere mehr für die Interpretation ernster Orgelmusik bestimmt ist. Allerdings sind die Übergänge fließend und beide Instrumententypen lassen sich in gewissem Umfang auch für die andere Musikart verwenden.

Die in den folgenden Kapiteln beschriebenen typischen Vertreter der einzelnen Gruppen von elektronischen Orgeln sind Instrumente, die jeweils in ihrer Klasse ein Optimum darstellen. Sie erfreuen sich wegen ihrer hohen Qualität großer Beliebtheit und können mit Hilfe der dazu lieferbaren, kompletten Bausätze und der zugehörigen, ausführlichen Bauanleitungen von jedermann leicht und sicher zu einer hochwertigen elektronischen Orgel zusammengesetzt werden.

Alle diese Instrumente sind zweiteilig ausgelegt. Das Gehäuse besteht aus einem Ober- und einem Unterteil. Dies erleichtert die Transportmöglichkeit und ergibt beim Aufbau weitere Variationsmöglichkeiten. Bei den kleineren und mittleren Orgeln kann man nämlich auf das Unterteil verzichten und dieses durch ein zugehöriges Stahlfußgestell ersetzen, wenn man die Orgel über eine vorhandene Verstärkeranlage wiedergeben will. Bei den größeren Orgeln sollte allerdings auf jeden Fall das Gehäuseunterteil hinzugenommen werden.

4.2 Die Auswahl einer elektronischen Orgel

Welche Orgel man wählt, hängt in erster Linie vom Verwendungszweck ab. Wie schon angedeutet, ist es wichtig zu wissen, ob eine Orgel vorwiegend für leichte Musik bestimmt ist und die ernste Musik nur in geringem Umfang gespielt werden soll oder aber ob die Orgel auch für ernste Musik uneingeschränkt brauchbar sein soll.

Bei Instrumenten für leichte Musik ist meist der Klaviaturumfang nicht groß genug, um auch jede Art ernster Orgelliteratur spielen zu können. Häufig tragen auch geringere Chörigkeit und die Auswahl der Register dazu bei, daß der Klangcharakter einer guten Pfeifenorgel von solchen Instrumenten nur unzureichend nachgebildet wird. Spitzenausführungen für leichte Musik mit vielen Chören und entsprechend guten Registern eignen sich jedoch wenigstens vom Klang her auch für die Darbietung ernster Musik, so daß man auf ihnen z.B. einfache Choräle, Weihnachtslieder oder speziell hierfür arrangierte Stücke durchaus klangschön zu Gehör bringen kann. Will man aber jede Art klassischer Orgelliteratur einwandfrei spielen können, so sind zwei Manuale von 4 1/2, besser 5 Oktaven Umfang und ein Pedal mit 30 Tasten Voraussetzung. In bestimmten Fällen kann man sich auch mit nur einem Manual von 5 Oktaven oder einem Pedal von nur 25 Tasten zufrieden geben, wenn Aufwand oder Platzbeanspruchung gering bleiben sollen.

Auf Instrumenten, die für ernste Musik ausgelegt sind, also in der Regel mehr Tasten, Chöre und Register besitzen, kann selbstverständlich auch jede Art von leichter Musik bestens zu Gehör gebracht werden. Allerdings sind solche Instrumente, wenn sie aus industrieller Fertigung stammen, häufig für ernste Musik spezialisiert. Es fehlen dann die verschiedenen Zusatzeinrichtungen für leichte Musik, wie z.B. Percussion, Mandolineneffekt, Pedalnachklang, Formantglissando, Hawaiieffekt, elektronisches Schlagzeug und BÖHMAT.

Ideal sind solche Instrumente, die sich gleich gut für jeden Verwendungszweck eignen. Dies gilt insbesondere für Hausmusik. Die einzelnen Familienmitglieder oder Besucher können dann die jeweils von ihnen bevorzugte Musikart gleich gut auf einem solchen Instrument spielen.

Wenn eine solche universell verwendbare Orgel gewünscht wird, kann sie durch Selbstbau gut realisiert werden, während im Handel befindliche Instrumente doch meist mehr nach der einen oder anderen Richtung tendieren. Man braucht für einen solchen Selbstbau lediglich ein gutes, größeres Instrument für ernste Musik auszuwählen und es zusätzlich mit den verschiedensten Effekten für leichte Musik auszurüsten.

Ist jedoch die ernste Musik nur zweitrangig, braucht man nicht so weit zu gehen und findet trotzdem beim Selbstbau Möglichkeiten, die durch Kauf einer fertigen Orgel kaum realisiert werden können. Selten nur findet man nämlich fertige elektronische Orgeln, die neben einer großzügigen Grundausstattung alle gewünschten Effekte in einem Instrument vereinen. Durch Selbstbau ist dies in höchster Qualität möglich. Empfehlenswert sind für solche Zwecke die Spinettorgeln laut Kapitel 4.6.

Wenn man am Anfang noch nicht weiß, welches Instrument, wieviel Manuale und welchen Klaviaturumfang man wählen soll, sollte man im Zweifelsfall die bessere Ausführung bevorzugen. Mehrpreis und Mehrarbeit beim Selbstbau sind rasch vergessen, die höhere Qualität aber ist ein bleibender Vorteil. Beim Selbstbau sollte wenigstens die Grundstufe gut ausgelegt sein, während Zusatzeffekte hier auch später leicht ergänzt werden können und die Orgel dann noch wertvoller machen. Ein solches hochwertiges Musikinstrument soll ja viele Jahre, möglichst ein ganzes Leben lang, seinem Besitzer Freude bereiten. Durch besseren Klang und mehr Möglichkeiten wird auch die Freude am Spielen gesteigert, so daß man sich öfter mit dem Instrument befaßt und mehr Fertigkeit erlangt.

Wichtig sind auch eine gute Qualität der verwendeten Bauteile und ein sorgfältiger Aufbau. Diesen Dingen ist nicht nur beim Selbstbau besonderes Augenmerk zu schenken, sondern auch beim etwaigen Kauf einer fertigen Orgel. Im letzteren Fall sollte man auch prüfen, welche Garantie gewährt wird. Der Kundendienst ist bei den einzelnen Fabrikaten recht unterschiedlich. Obwohl eine elektronische Orgel normalerweise wenig störungsanfällig ist, ist dieser Punkt doch bei fertig gekauften Orgeln recht wichtig (Tastenkontakte usw.!).

Vor der Anschaffung einer elektronischen Orgel kann es interessant sein, sich mehrere solcher Instrumente in natura anzusehen oder vorführen zu lassen. Man sollte sich dann aber weniger durch die Kunst des Vorführenden beeindrucken lassen, sondern echte Vergleiche anstellen und prüfen, welche Möglichkeiten die einzelnen elektronischen Orgeln wirklich bieten. In einschlägigen Fachgeschäften hat man hierzu vielfältige Gelegenheit. Die elektronischen Orgeln des Verfasser werden darüber hinaus regelmäßig auf Messen, Ausstellungen und Konzerttourneen einem größeren Publikum vorgestellt. Ferner können sie in der Vorführetage des Mindener Stammhauses und in den Filialen allen Interessenten genau vorgeführt und auf Wunsch von letzteren auch selbst gespielt werden. Viele Besucher machen von dieser Möglichkeit Gebrauch und scheuen dazu auch nicht weitere Anreisen.

Darüber hinaus bieten die verschiedenen klangschönen Langspielplatten, die der Verfasser von seinen Orgeln aufgenommen hat, jedem Interessenten die Möglichkeit, diese Instrumente zu Hause in Ruhe zu prüfen. Da die meisten dieser Platten im Gegensatz zu anderen Aufnahmen ohne begleitende Instrumente, also mit der Orgel allein bespielt wurden, zeigen sie dem Zuhörer recht genau, was sich aus solch einer Orgel alles herausholen läßt. Die meisten dieser Platten enthalten übrigens keine erklärenden, gesprochenen Texte, sondern sind wie normale Langspielplatten gestaltet, so daß sie bei vielen Gelegenheiten immer wieder gern abgespielt und gehört werden.

Solche Schallplatten bieten darüber hinaus viele Anregungen, wie man selbst noch klangschöner und abwechslungsreicher musizieren kann. Sie stellen daher eine Ergänzung zu den verschiedenen im Handel befindlichen Orgelschulen und Noten [4] dar. Auf den Schallplattenhüllen befinden sich hierfür interessante Hinweise, mit welchen Registern und Zusatzeffekten die einzelnen Musikstücke so meisterhaft gespielt worden sind.

4.3 Einmanualige, einchörige Instrumente

In letzter Zeit befinden sich zahlreiche Ausführungen einmanualiger elektronischer Musikinstrumente auf dem Markt, die sich durch besondere Einfachheit und niedrigen Preis auszeichnen. Es sind nur wenige Register vorhanden, die sich in

ihrer Fußlage nicht unterscheiden. Daher werden auch keine Fußbezeichnungen angegeben, sondern nur Namen wie Flöte, Klarinette, Streicher usw. Zwar werden solche Instrumente vom Hersteller als elektronische Orgeln bezeichnet, doch verdienen sie diesen Namen eigentlich nicht. Als Orgel sollten Instrumente erst von einer gewissen Mehrchörigkeit an bezeichnet werden. Übrigens besitzen solche Instrumente häufig auch eine Sparschaltung. Hierbei werden zwei oder drei Tasten, die selten gleichzeitig gebraucht werden, auf einen gemeinsamen Tongenerator gelegt. Man kommt dadurch mit einem geringeren Generatoraufwand aus. Spieltechnisch ist dieser Nachteil **mitunter noch tragbar. Schwerwiegender ist der wenig orgelähnliche und abwechslungsarme Klang.**

Wie mitunter auch zugegeben wird, führt der Handel solche Instrumente offenbar nur, damit der interessierte Musikfreund zunächst einmal einen Anfang macht und weil erfahrungsgemäß solche Instrumente nach kurzer Zeit gegen größere, bessere in Zahlung gegeben werden.

Für den Selbstbau kann diese Gruppe von elektronischen Musikinstrumenten nicht empfohlen werden, weil Material und Arbeitszeit unnötig investiert werden und der Umbau in ein gänzlich anderes Instrument nur sehr schwer möglich ist. Man sollte dann lieber gleich ein besseres Instrument bauen, jedoch mit wenig Zusatzeffekten und diese später hinzufügen.

Am Rande sei noch erwähnt, daß im Handel auch sogenannte *elektrische Orgeln* geführt werden. Sie haben mit Elektronik nichts zu tun. Der Klang wird durch Zungenstimmen, ähnlich wie bei Akkordeon, Harmonium oder Mundharmonika, erzeugt. Diese Instrumente sind noch billiger, aber auch von weniger befriedigendem Klang.

4.4 Einmanualige, mehrchörige Instrumente für leichte Musik

4.4.1 Allgemeines

Hat eine einmanualige elektronische Orgel z.B. sechs Chöre und entsprechend ausgelegte Register, so läßt sie sich für leichte Musik schon recht gut einsetzen. Oft werden solche Instrumente transportabel gestaltet. Das Oberteil mit Generator, Klavia-

tur, Kontakten und Klangformung ruht auf abnehmbaren Stahlfüßen und wird über einen frei aufgestellten Fußschweller an einen separaten Verstärker mit Hallgerät angeschlossen. Bei Bedarf kann auch ein 13-Tasten-Pedal lose unter die Orgel gestellt werden. Solche Ausführungen werden häufig von Beat-Gruppen und Tanzkapellen verwendet. Auch für Hausmusik lassen sie sich in gewissem Umfang einsetzen. Der Verfasser bietet in seinem Bausatzprogramm übrigens sämtliche Orgeln mit einem zweiteiligen Gehäuse an. Wahlweise kann das Oberteil auf Stahlfüßen oder auf einem Gehäuseunterteil stehen. Im letzteren Fall erhält man ein komplettes, formschönes Standmodell. Im Unterteil finden Verstärker, Lautsprecher, Pedal, Fußschweller Platz. Ober- und Unterteil kann man je nach persönlichen Wünschen miteinander verschrauben oder auch mittels Steckverbindungen trennbar machen.

Bei einmanualigen Orgeln ist eine Klaviaturteilung unbedingt erforderlich. Es ist nämlich wichtig, daß man die rechte Hand, also meist die Melodie, in einer anderen Klangfarbe spielen kann als die begleitende linke Hand. Die Sammeldrähte in den Tastenkontakten werden daher aufgetrennt und führen zu verschiedenen Registergruppen. Meist ist für die linke Hand ein Umfang von zwei Oktaven, für die rechte ein solcher von zweieinhalb oder drei Oktaven vorgesehen. Die linke Hand braucht weniger, die rechte mehr Register.

Gute einmanualige Orgeln haben für die linke Hand drei Fußlagen und für die rechte sechs. Solche Instrumente klingen bei Verwendung eines Sägezahngenerators und Einbau wertvoller Register schon sehr gut. Bei Spitzenausführungen kann man auf zehn Chöre gehen. Dabei erhöht sich auch die Zahl der Register.

Einmanualige elektronische Orgeln bieten den Vorteil *geringen Platzbedarfs* und *leichter Transportierbarkeit.* Sie sind zudem etwas preiswerter als mehrmanualige Instrumente. Die Ansicht, sie seien für den Anfänger besser geeignet, ist jedoch irrig. Mehrmanualige Orgeln sind genau so einfach zu spielen und bieten darüber hinaus durch den größeren Klaviaturumfang viel mehr Möglichkeiten. Dazu kommt, daß die Klaviaturteilung bei einmanualigen Instrumenten zwar viele Vorteile bringt, mitunter aber auch stört. Besonders wenn man nach Noten spielt, zwingen diese den Spieler manchmal, mit der

rechten Hand über die Teilung hinaus nach links zu wandern. Ein Klangfarbensprung in der Melodieführung ist dann leider nicht zu vermeiden. Zwar kann man die Klaviaturteilung aufhebbar machen, indem man einen geeigneten Schalter anbringt, jedoch fehlt dann der Zweimanualeffekt, also die unterschiedliche Klangfarbe für beide Hände. Stehen also Platz- und Transportprobleme nicht im Vordergrund, sollte man eine mehrmanualige Orgel näher ins Auge fassen.

4.4.2 Die Orgel BnT

Die *Abb. 50* zeigt die einmanualige, sechschörige Orgel BnT mit 27 Registern. Sie ist das kleinste Instrument, das vom Verfasser heute empfohlen wird. Trotzdem ist sie schon reichhaltig ausgelegt und bietet daher vielseitige und klangschöne Musiziermöglichkeiten. In der hier abgebildeten, schwarzen Kunst-

Abb. 50. Die fünfchörige Orgel BnT mit 27 Registern und die große Lautsprecherbox laut Abb. 31 eignen sich gut für Beat- und Popmusik

lederausführung mit weinrotem Registerbrett eignet sie sich gut für kleine und mittlere Bands. Auch die zugehörigen Verstärker, Hallgeräte und Lautsprecherboxen können aus Bausätzen selbst angefertigt werden. Diese Orgel ist jedoch auch in einem Nußbaumgehäuse lieferbar und eignet sich dann für die Aufstellung in Wohnräumen und für einen Anschluß an eine

Abb. 51. Die sechschörige Orgel BnT mit 27 Registern, Gehäuseunterteil und Pedal. Verstärker mit Lautsprecher passen ins Unterteil

etwa schon vorhandene Stereoanlage. *Abb. 51* zeigt die gleiche Orgel mit einem passenden Gehäuseunterteil und Fußpedal. Bei einer weiteren, hier nicht abgebildeten Ausführungsform kann man auch eine Lautsprecherbox unter dem auf Stahlfüßen stehenden Oberteil befestigen.

Die Orgel BnT wird mit einem 8-Oktaven-Generator nebst Gesamtstimmknopf ausgerüstet. Das Vibrato ist in Stärke und Schnelligkeit stufenlos einstellbar und mit Vibramat und Kathedraleffekt ausgestattet. Die Klaviatur besitzt einen Umfang von viereinhalb Oktaven und Manualteilung. Durch Einbau eines zusätzlichen Schalters kann man diese aufhebbar machen. Der linke Klaviaturteil wird dreichörig ausgelegt und erhält die Fußlagen 8', 4' und 2'. Für jede Fußlage werden mehrere Register eingebaut. Die rechte Hand wird mit 16', 8', 4', 2 2/3', 2' und 1' ausgerüstet, ist also sechschörig und erhält 15 klangschöne Hauptregister. Darüber hinaus ist sie umschaltbar auf eine zweite Registrierung mit sechs Registern. Dadurch ist beim Spiel ein rascher Klangfarbenwechsel möglich. Grundsätzlich braucht man bei solchen Instrumenten für die begleitende linke Hand weniger Fußlagen und Register als für die rechte Hand. Wie in den vorigen Kapiteln beschrieben, ist der Aufbau dieser Orgel mit Hilfe von gedruckten Schaltungen einfach und sicher durchführbar. Der Ausgang kann je nach Wunsch mono oder stereo ausgelegt werden. Bei Hinzunahme eines Pedals und sonstiger Zusatzeffekte können sogar noch mehrere Kanäle vorgesehen werden.

Ein solches Instrument kann man nach Bedarf sofort oder auch später durch alle in diesem Buch beschriebenen Zusatzeffekte erweitern. Auch das Gehäuseunterteil lt. Abb. 51 kann auf Wunsch zugefügt werden. Man erhält so ein komplettes, formschönes Standmodell. Das Fußpedal kann übrigens bei Bedarf, wenigstens am Anfang, weggelassen werden, zumal auch mit der linken Hand relativ kräftige Baßtöne erzielt werden können. Die nachstehende Disposition nennt die verschiedenen Register und zeigt, wie viele klangschöne Möglichkeiten dieses überdurchschnittliche Instrument schon in seiner Grundausstattung bietet. Die Generatorumschaltung auf Rechteck (Kapitel 1.2.4) verdoppelt übrigens die in der Disposition genannten Register-Möglichkeiten.

Disposition der Orgeln BnT und CnT

BASS:	DISKANT HAUPTREGISTER:	DISKANT FREIE KOMBINATION:
Baßflöte 8' Principal 8' Oktave 4' Cello 4' Superoktave 2' Viola 2'	Bordun 16' Suboktave 16' Fagott 16' Hohlflöte 8' Principal 8' Horn 8' Schalmei 8' Oboe 8' Solotrompete 8' Oktave 4' Gamba 4' Quintflöte 2 2/3' Quinte 2 2/3' Sifflöte 2' + 1' Piccolo 2' + 1' Lautstärkendrehknopf	Principal 16' Doppelflöte 8' Trompete 8' Gemshorn 4' Nasat 2 2/3' Spitzflöte 2' + 1' Lautstärkendrehknopf
PEDAL:		**FÜR DIE GANZE ORGEL:**
Pedalnachklang 7chörig mit Glöckchenspiel.		Vibrato in Stärke und Schnelligkeit einstellbar Gesamtstimmknopf Hawaiieffekt, Synthemat, Schweller, Oktavschieber, **Umschalter, Hauptregister/Volles Werk/ Freie Kombination**, Umschaltung auf Rechteck.

4.4.3 Die Orgel BnT/L

Abb. 52 zeigt das einmanualige Spitzenmodell BnT/L, eine Weiterentwicklung der BnT. Die linke Hand ist hier sechschörig, die rechte Hand zehnchörig spielbar. 36 Register bieten optimale Möglichkeiten. Links sind die Sinus-Universalzugriegel eingebaut. Auf Wunsch können diese auch weggelassen werden. Sämtliche Zusatzeffekte lassen sich in dieses Instrument einbauen. Vor der Klaviatur finden die Schaltergruppen für **Schlagzeug, BÖHMAT und Spezialeffekte Platz. Auch dieses Spitzenmodell läßt sich an Stelle der Stahlfüße mit einem Gehäuseunterteil aus Holz versehen, das genau zum Oberteil paßt und mit diesem zusammen ein formschönes, komplettes Standmodell ergibt. Wie bei allen genannten Modellen ist der Generator umschaltbar (Kapitel 1.2.4) und besitzt einen Oktav-Schieber.**

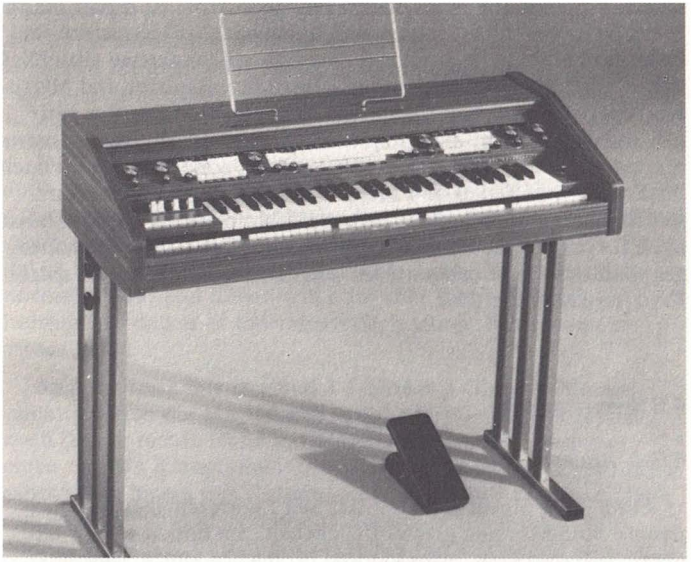


Abb. 52. Die einmanualige, 10chörige Orgel BnT/L mit 36 Registern, Sinus-Universalzugriegeln und verschiedenen Zusatzeffekten

4.5 Einmanualige, mehrchörige Instrumente für ernste (und leichte) Musik

Insbesondere für ernste Musik, aber auch für leichte Musik eignen sich bestimmte Sonderausführungen von einmanualigen Orgeln, bei denen außer einer größeren Klaviatur mit abschaltbarer Teilung ein größeres Pedal mit z.B. 25 Tasten und eigenen Registern vorhanden ist. Das Pedal sollte hier auch mindestens fünfchörig ausgelegt sein, damit es sich für ernste Musik gut eignet. Außer tiefen Fußlagen müssen höhere vorhanden sein, ferner auch Soloregister, weil das Pedal bei bestimmten Musikarten nicht den Baß, sondern die Melodieführung übernehmen muß (Cantus-Firmus-Spiel).

Ein Beispiel für eine solche einmanualige Orgel ist die vom Verfasser entwickelte, recht preiswerte Orgel BnT "sakral".

Durch Verwendung eines 8-Oktaven-Generators ist dieses Instrument recht vielchörig. Außer durchgehenden 16'-Registern im Pedal und Manual ist auch eine recht gute Klangkrone einschließlich 1' und Mixturen vorhanden. Die hohen Register und Mixturen repetieren auf eine besondere Art und sind trotz des geringen Aufwands recht klangschön und wirkungsvoll. Dieses Instrument eignet sich nicht nur für Hausmusik, sondern hat sich auch für Friedhofskapellen und kleinere Kirchen sehr gut bewährt. Bei Einbau entsprechender Zusatzeffekte bietet es darüber hinaus auch für leichte Musik eine gute Lösung. Eine vordere Schaltergruppenleiste mit vorbereiteten Aussparungen erleichtert solche Erweiterungen deutlich.

4.6 Spinettorgeln

4.6.1 Allgemeines

Für leichte Musik erfreuen sich seit mehreren Jahren sogenannte Spinettorgeln großer Beliebtheit. Sie bilden die für allgemeine Hausmusik, insbesondere für leichte Musik, bevorzugte Gruppe. Ihre Klaviaturen sind, wie beim Spinett, relativ kurz, jedoch ist das Obermanual meist gegenüber dem Untermanual um eine Oktave nach rechts versetzt. Dies ist günstig, weil es vorwiegend von der rechten Hand gespielt wird. Die linke Hand kann auf dem unteren Manual die tieferen Töne übernehmen. Gegenüber einer einmanualigen Orgel mit Klaviaturteilung bietet diese Lösung erhebliche Vorteile, weil sich die beiden Bereiche überlappen. Man hat also mit beiden Händen mehr Spielraum. Die bei einmanualigen Orgeln notwendige Klaviaturteilung ist hier nicht vorhanden, stört also nicht. Die Noten für leichte Musik sind meist so geschrieben, daß man mit dem Klaviaturumfang gut auskommt. Für ernste Musik ist er jedoch nur selten ausreichend. Es gibt allerdings Spezialbearbeitungen der ausgesprochenen Pfeifenorgelliteratur, die auch auf einer solchen Spinettorgel mit einem kleinen Fußpedal und zwei versetzten Manualen gut spielbar sind [4].

Der Klaviaturumfang beträgt, wie in der Abb. 12 gezeigt, in der Regel etwa 3 1/2 Oktaven. Kleinere Ausführungen sind ebenfalls auf dem Markt; bei großen Spinettorgeln geht man

mitunter auch bis auf zwei mal vier Oktaven. Als Pedal wird in der Regel ein kleines Stummelpedal mit 13 Tasten gebraucht. Dieses ist für die leichte Musik absolut ausreichend und wird auch von Spitzenkönnern bei Rundfunk- und Schallplattenaufnahmen durchweg verwendet.

Bei Selbstbauorgeln kann man das Pedal übrigens anfangs auch weglassen und bei Bedarf später zufügen. Man kann auch ganz darauf verzichten, insbesondere wenn ein BÖHMAT vorgesehen ist. Dieser bildet ja die Baßtöne automatisch. Das Pedal ist in diesem Fall nur erforderlich, wenn der Spieler das normale Pedalspiel lernen will oder aber schon sehr gut beherrscht, so daß er es individuell nach seinen Wünschen einsetzen kann.

Spinettorgeln mit zweimal 3 1/2 oder 4 Oktaven Manualumfang bieten die Möglichkeit, das Untermanual wahlweise auch für die rechte Hand mit heranzuziehen. Dies gestattet einen raschen Klangfarbenwechsel in der Melodieführung. Allerdings sollte hierzu das Untermanual wenigstens dreichörig und mit entsprechend klangschönen Registern ausgestattet sein. Anderenfalls läßt es sich nur als reines Begleitmanual einsetzen.

Das Gehäuseoberteil läßt sich auch bei diesen Orgeln auf ein abnehmbares Stahlgestell montieren. Diese Ausführung ist besonders leicht transportabel und eignet sich daher gut für Tanzkapellen, Alleinunterhalter usw. Auch für Wohnräume wird sie je nach persönlichem Geschmack mitunter gewünscht. In allen anderen Fällen bevorzugt man anstelle der Stahlfüße das zugehörige Gehäuseunterteil bzw. wählt bei Fertigorgeln ein entsprechendes komplettes Standmodell.

Auch unter den Spinettorgeln sind im Handel recht einfache, oft sogar zu einfache Ausführungen erhältlich. Hier gilt das im Kap. 4.3 schon Gesagte. Einchörige Ausführungen bilden die unterste, nur bedingt brauchbare Stufe. Mit drei Fußlagen und entsprechenden Registern lassen sich schon recht gute Ergebnisse erzielen, so daß viele handelsübliche Orgeln so ausgelegt werden. Der Verfasser empfiehlt auch hier, noch einen Schritt weiterzugehen und das Untermanual wenigstens dreichörig, das Obermanual wenigstens sechschörig auszulegen. Solche Instrumente erfüllen bei Einbau eines Sägezahngenerators auch höhere Ansprüche und sind somit von bleibendem

Wert. Spitzenausführungen sind im Untermanual sechschörig, im Obermanual zehnchörig. Im Untermanual sollten keine hochliegenden Quinten und Terzen eingebaut werden, weil diese Fußlagen auf der Baßseite nicht nur nicht gebraucht werden, sondern sogar stören würden.

Spinettorgeln mit entsprechend reichhaltiger Ausstattung stellen, wenn vorwiegend leichte Musik gespielt werden soll und die ausgesprochene Pfeifenorgelliteratur (Bach, Reger usw.) nur am Rande interessiert, eine wirklich empfehlenswerte Lösung dar. Dies gilt sowohl für Hausmusik, als auch für Tanzkapellen und -Orchester, Alleinunterhalter, Rundfunk, Fernsehen und Schallplattenaufnahmen [4].

4.6.2 Die Orgel CnT

Wer eine zweimanualige Spinettorgel wünscht, die mit relativ wenig Aufwand zu bauen ist, aber trotzdem schon höheren Ansprüchen genügt, kann die Orgel CnT wählen. Sie besitzt zwei Manuale mit je dreieinhalb Oktaven und ein genügend großes Gehäuse, das nicht nur für die Sinus-Universalzugriegel und die zusätzlichen Schaltergruppen laut Abb. 1 Platz bietet, sondern auch für die verschiedensten Sonderzugriegel gemäß Abb. 25 und für alle Zusatzeffekte.

Das Untermanual ist dreichörig, das Obermanual sechschörig ausgelegt, wie im vorigen Kapitel empfohlen. Die Klangformung wird mit 27 Registern ausgestattet und bietet hervorragende, vielseitige Möglichkeiten.

Auf eine nähere Beschreibung dieser Orgel kann hier verzichtet werden, weil dieses Instrument den gleichen Generator, die gleiche Chörigkeit und die gleichen Register besitzt wie die im Kapitel 4.4.2 ausführlich abgehandelte einmanualige Orgel BnT. Das Gehäuse ähnelt der im nächsten Kapitel beschriebenen Luxusausführung CnT/L laut Abb. 53 und 54. Es ist ebenfalls zweiteilig ausgelegt, so daß man statt des Gehäuseunterteils auch ein Stahlfußgestell verwenden kann.

4.6.3 Die Orgel CnT/L

Durch Selbstbau einer elektronischen Orgel von der Größe der CnT/L erhält man ein Instrument, das unter den Spinett-

orgeln absolute Weltspitzenklasse darstellt. Diese Orgel ist schon in ihrer Grundkonzeption äußerst reichhaltig ausgelegt. Sie kann darüber hinaus mit allen nur denkbaren Zusatzeffekten versehen werden. Der Klang wird auch den anspruchsvollsten Musikfreund begeistern.

Durch sinnvolle Anordnung der verschiedensten Registerschalter, Drucktastenschaltergruppen, Sinus-Universalzugriegel und Sonderzugriegel bietet sie nicht nur rein äußerlich ein elegantes Bild, sondern auch eine übersichtliche, griffnahe Anordnung aller Einstellvorrichtungen und somit eine leichte Bedienbarkeit. Alle gebotenen Effekte lassen sich dadurch gut ausnutzen und während des Spiels zu Gehör bringen. Die Klangqualität ist sowohl für leichte als auch für ernste Musik optimal. Der Klaviaturumfang überschreitet für das Spiel leichter Musik das normalerweise erforderliche Maß. Ernste Orgelmusik läßt sich in begrenztem Umfang ebenfalls klangschön spielen, wenn man Noten gebraucht, die für Spinettorgeln speziell arrangiert bzw. ausgewählt sind, oder wenn man frei improvisiert. Durch seine herrlichen Klangmöglichkeiten stellt diese großzügig ausgelegte Spitzenorgel das ideale Instrument für normale Hausmusik, für die Darbietung leichter Musik in Rundfunk und Fernsehen sowie für Schallplattenaufnahmen dar. Die vielseitigen Klangmöglichkeiten dieser Orgel sind in mehreren schwungvollen Langspielplatten [4] meisterhaft dargestellt.

Für den Selbstbau der CnT/L wird ein 9-Oktaven-Generator gebraucht, und zwar wählt man selbstverständlich einen Sägezahngenerator, damit in der Klangformung auf einfache Weise alle Klangfarben, auch Rechteck- und Sinusschwingungen gebildet werden können. Wie erwähnt, enthält ja der Sägezahngenerator sämtliche Teiltöne und bietet nicht nur die verschiedensten Instrumentalklangfarben, sondern auch im linken Klaviaturbereich eine ausgezeichnete Klangkrone. Er wird auch hier mit Oktavschieber und Gesamtstimmknopf ausgerüstet und ist zur Verdopplung der Abwechslungs- und Klangmöglichkeiten laut Kapitel 1.2.4 auf Rechteck umschaltbar. Das Vibrato besitzt zwei Sonder-Zugriegel für Stärke und Schnelligkeit sowie Kathedraleffekt und Vibramat.

Die Klaviaturen sind mit je vier Oktaven optimal ausgelegt und werden als freitragende Fertigklaviaturen mit Schwenksystem (Kapitel 3.4) geliefert.

Die Tastenkontakte des Untermanuals werden sechschörig ausgelegt; ein siebenter Kontakt sollte gleich mit eingebaut werden, um das Harfenglissando sofort oder später leicht anschließen zu können. Das Obermanual hat zehnfache Tastenkontakte, so daß die Orgel einen zehnchörigen Klangreichtum **bietet. Ein elfter Kontakt für den im Kapitel 2.3 beschriebenen Percustain oder für ein Strings-Piano wird sofort mit eingebaut, auch wenn eine solche Erweiterung erst später nachgerüstet wird. Dies erspart viel Arbeit.**

Die Klangformung des Untermanuals ist sechschörig, reicht bis zum 1' hinauf, enthält neben den Oktaven auch die Quinte 5 1/3' und ist somit für eine Spinettorgel überdurchschnittlich reichhaltig ausgelegt. Dadurch und durch den Umfang von vier Oktaven ist das Untermanual zusätzlich auch für die rechte Hand gut geeignet. Während die linke Hand wahlweise auf dem Untermanual oder der empfehlenswerten BÖHMAT-Klaviatur spielen kann, hat die rechte Hand die Auswahl zwischen dem unteren und dem oberen Manual. Dadurch bieten sich zahlreiche hervorragende Abwechslungsmöglichkeiten während des Spiels. Das zehnchörige Obermanual hat 20 Hauptregister in allen gebräuchlichen Fußlagen zwischen 16' und 1' und darüber hinaus die brillante, über dem 1' liegende Sexte 16/27'. Es kann zur weiteren Abwechslung mit einem Schalter auf die acht Register der freien Kombination umgeschaltet werden.

Schon die Grundausrüstung bietet hervorragende Möglichkeiten. Wenn man zusätzlich die Sinus-Universalzugriegel für die beiden Manuale einbaut, kann man den Klang noch mehr variieren. Durch die links neben den Manualen anzuordnenden Drucktasten schaltet man einerseits auf Sinus-Zugriegel um, die den stufenlosen, beliebigen Aufbau zahlreicher Orgelklangbilder ermöglichen, oder nach Wunsch auf Universalzugriegel. Diese bieten weitere Möglichkeiten, weil hierdurch nicht nur Sinusschwingungen, sondern die verschiedensten Klangfarben der Festregister auf die Zugriegel geschaltet werden können. Ferner dienen die gleichen Zugriegel zur Beeinflussung der Spezialeffekte, so daß besondere Zugriegel für z.B. Percussion oder Sinus-Percussion nicht gebraucht werden.

Neben den Manualen finden zusätzlich die oben erwähnten Sonderzugriegel für das Vibrato und die verschiedensten Zusatzeffekte Platz.

Abb. 53. Die zehnchörige Spitzenorgel CnT/L mit 36 Registern, Sinusuniversalzugriegeln, Sonderzugriegeln, Zusatzeffekten, Harfenglissando, Chrom-Nußbaum-Stahlgestell und Sitzbank

Abb. 53 zeigt die CnT/L auf einem modernen, stabilen Stahlgestell, *Abb. 54* die gleiche Orgel mit dem zugehörigen Gehäuseunterteil. In letzterem können vier Lautsprecher, nämlich zwei große Breitbandsysteme und zwei Hochtöner, eingebaut werden. Zusätzliche Kanäle lassen sich durch separat aufgestellte Boxen verwirklichen. Auch ein Rotationsaggregat kann mit Hilfe eines Sonderzugriegels auf Wunsch zugeschaltet werden. Alles Nähere über den Selbstbau dieses hochwertigen Spitzeninstrumentes zeigen die den Bausätzen kostenlos beiliegenden ausführlichen Bauanleitungen (siehe auch Abb. 2!).

Als empfehlenswerte Ergänzungen eignen sich insbesondere die vielseitigen Spezialeffekte mit Formatglissando, ferner Strings-Piano mit Harfenglissando, Pedalnachklang 7-chörig,

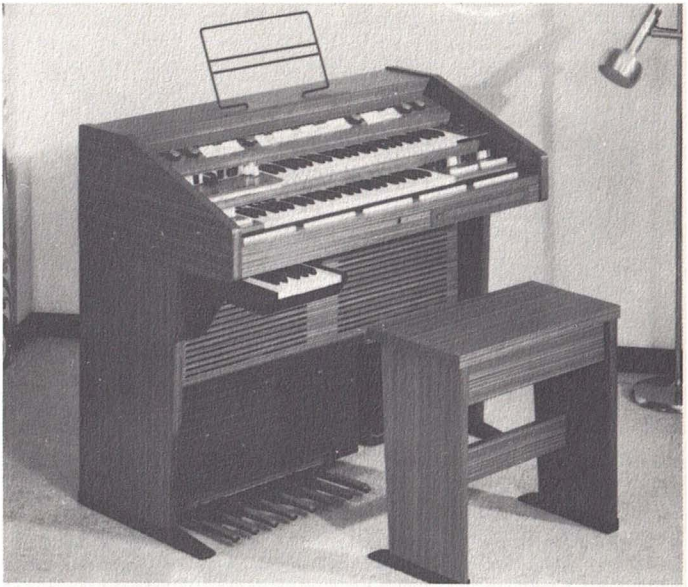


Abb. 54. Die 10chörige Spitzenorgel CnT/L mit 36 Registern, Sinus-Universal-Zugriegeln, Sonderzugriegeln, Zusatzeffekten, Harfenglissando, Schlagzeug, BÖHMAT, Pedal und Bank

Phasing-Rotor und vor allem unser elektronisches Schlagzeug mit BÖHMAT. Diese schwungvollen Rhythmuszusätze bieten dem Anfänger so viel Erleichterung, daß er mit viel Freude und Begeisterung musizieren wird, und dem Fortgeschrittenen eine weitere wertvolle Verbesserung seiner musikalischen Ausdrucksmöglichkeiten.

Eine weitere Spinett-Orgel für Freunde anspruchsvoller Elektronik und aufwendiger IC-Schaltungen mit elektronischen Tastenkontakten, frei programmierbarem Klangspeicher-Computer und vielen anderen Besonderheiten ist in Kapitel 4.8 beschrieben.

Disposition der Orgeln BnT/L und CnT/L

Untermanual	Obermanual Hauptregister	Obermanual Freie Kombination	Pedal
Baß 16'	Flöte 16'	Suboktave 16'	Pedalnachklang 7chörig mit Glöckchenspiel
Prinzipal 16'	Suboktave 16'	Doppelflöte 8'	
Oktavbaß 8'	Fagott 16'	Trompete 8'	
Prinzipal 8'	Hohlflöte 8'	Clarion 4'	
Quinte 5 1/3'	Prinzipal 8'	Spitzflöte 2'	
Oktave 4'	Hornschalmei 8'	Oktävlein 1'	
Horn 2'	Oboe 8'	Terzian 2-fach	
Rauschpfeife 2' + 1'	Solotrompete 8'	Mixtur 4-fach	Lautstärkendrehknopf
	Quinte 5 1/3'		
	Prinzipal 4'	Lautstärkendrehknopf	
Lautenstärkendrehknopf	Violine 4'		
	Nasat 2 2/3'		
	Oktave 2'		
	Terz 1 3/5'		
	Oberquinte 1 1/3		
	Piccolo 1'		
	Sexte 16/27'		
	Aliquotmixtur 3-fach		
	Zymbel 4-fach		
	Scharff 7-fach		
	Lautstärkendrehknopf		

Für die ganze Orgel:

Umschalter Hauptregister/Volles Werk/Freie Kombination. Vibratostärke und Vibratoschnelligkeit mit zwei Zugriegeln stufenlos einstellbar. Umschaltung Sägezahn-Rechteck-Oktavschieber. Kathedraleffekt. Gesamtstimmknopf. Auf Wunsch: Fußschweller für die gesamte Orgel. Hallgerät und viele andere Erweiterungsmöglichkeiten, wie z.B. Sinus-Universalzugriegel, Sonderzugriegel, Schlagzeug, BÖHMAT usw.

4.7 Mehrmanualige Orgeln für ernste und leichte Musik

4.7.1 Allgemeines

Für das Spiel der ernsten Orgelmusik, insbesondere der gesamten Pfeifenorgelliteratur, eigenen sich größere elektronische Orgeln mit mehreren Manualen von mindestens viereinhalb Oktaven Umfang und einem großen Pedal mit 30 Tasten. Näheres darüber wurde schon in den Kapiteln 1.4.2 und 1.4.3 dargelegt. Ein Generatorumfang von neun Oktaven ist für solche Instrumente sehr zu empfehlen, weil damit ohne weiteres die erforderliche Chörigkeit und brillante Klangkrone gebildet wer-

den können. Wie im Kapitel 1.2.4 beschrieben, verdient der Sägezahn-Rechteck-Generator hierbei den Vorzug. An Registern sollte nicht gespart werden, um Klangfülle und Abwechslungsreichtum zu bieten. Beim Dauertonverfahren und bei entsprechend vielchöriger Auslegung der Tastenkontakte erfordern die Register ohnehin keinen sehr großen Aufwand.

Zwei Manuale werden für die meisten Zwecke ausreichen. In diesem Fall sollte aber wenigstens eine freie Kombination für raschen Klangfarbenwechsel vorhanden sein. In besonderen Fällen kann man auf drei oder mehr Manuale gehen, wobei dann eine freie Kombination meist entbehrlich ist.

Auf die verschiedenen Anforderungen an die Schallabstrahlung, wie z.B. mehrkanalige Wiedergabe, Anordnung und Aufstellung der Lautsprecher usw. wurde schon in den Kapiteln 1.6.6 und 1.10 hingewiesen.

Die Abbildungen 1, 14 und 55 zeigen solche mehrmanualigen Orgeln. Wie erwähnt, eigenen sich diese sehr gut für ernste und auch für leichte Musik. Schon in der Grundausstattung kann man auf solchen Orgeln jede Musikart vollendet klangschön darbieten. Durch den Einbau spezieller Zusatzeffekte steigern sich die Möglichkeiten noch weiter. Man erhält auf diese Weise eine Orgel der Spitzenklasse von universeller Einsatzmöglichkeit, die die Möglichkeiten der CnT/L mit einschließt.

4.7.2 Die Orgeln DnT und DnT/C

Die folgenden beiden Orgeln eigenen sich hervorragend für ernste und für leichte Musik. Sie haben zwei große Klaviaturen sowie ein Pedal, das bei der DnT 30 Tasten und bei der DnT/C 25 Tasten besitzt. In beiden Fällen handelt es sich um lange Stummelpedale laut Kapitel 1.4.3, die sich auch für ernste Musik eigenen.

Die DnT wurde schon in Abb. 1 dieses Buches gezeigt. Das Gehäuse ist 130 cm breit und an die genormten Abmessungen des 30-Tasten-Pedals angepaßt. Diese Orgel kann daher auch mit einem Standard-Kirchenorgelpedal gemäß Kap. 1.4.3 ausgerüstet werden. Das Gehäuse und die Sitzbank müssen dann 7 cm höher sein, weil die Oberkante der Pedaltasten hier um diesen Betrag höher liegt als bei dem normalen Pedal.

Die DnT und die DnT/C werden normalerweise mit zwei neun- oder zehnchörigen Manualen von je fünf Oktaven, also 61 Tasten, und 54 Registern gebaut. Das Obermanual ist wie bei den zuvor beschriebenen Modellen auf Freie Kombination umschaltbar. Die DnT/C unterscheidet sich von der DnT nur durch das platzsparendere Gehäuse, das eine Breite von nur 105 cm besitzt, und durch den etwas geringeren Pedalumfang. Sonst sind die Klang- und Spielmöglichkeiten bei beiden Instrumenten gleich. — Auf nähere Einzelheiten dieser zweimanualigen, universell einsetzbaren Orgeln sei hier verzichtet, weil der Aufbau nach ähnlichen Gesichtspunkten erfolgt wie bei der im nächsten Kapitel beschriebenen dreimanualigen Orgel FnT.

4.7.3 Die Orgel FnT

Wer sich eine große elektronische Orgel bauen will, die sowohl für ernste als auch für leichte Musik den höchsten An-

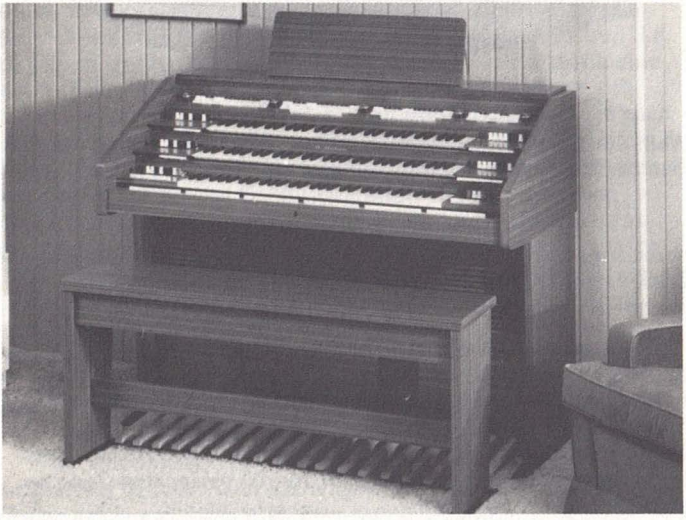


Abb. 55. Die dreimanualige Dr. Böhm-Orgel FnT mit 58 Registern, Sinus-Universal-Zugriegeln, Sonderzugriegeln, Zusatzeffekten, elektronischem Schlagzeug und Sitzbank

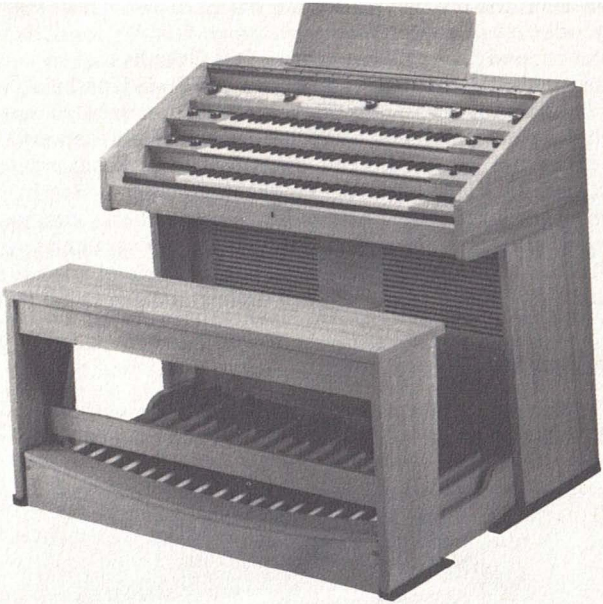


Abb. 56. Die dreimanualige Dr. Böhm-Orgel FnT mit 58 Registern, Standard-Kirchenorgel-Pedal und Sitzbank

sprüchen genügt, findet in der *Abb. 55* ein geeignetes Beispiel. Diese Orgel FnT kann jedoch auch mit einem Standard-Kirchenorgelpedal entsprechend Abb. 56 gebaut werden.

Für ernste Musik eignet sich dieses Modell sehr gut. Der große Manual- und Pedalumfang, die Vielchörigkeit und die hohe Anzahl klangschöner, differenzierter Register bieten dem Spieler alle nur denkbaren Möglichkeiten. Auch für leichte Musik zählt dieses Instrument zur absoluten Spitzenklasse, insbesondere wenn die verschiedenen, hierfür geeigneten Zusatzeffekte eingebaut werden.

Ein umschaltbarer Sägezahn-Rechteck-Generator mit neun Oktaven und Oktavschieber laut Kapitel 1.2.4 ist für dieses Instrument die optimale Grundlage. Ein Gesamtstimmknopf

kann zur leichten Anpassung an andere Musikinstrumente zugefügt werden. Das Vibrato wird mit zwei Sonderzugriegeln für Schnelligkeit und Stärke ausgerüstet und durch Kathedraleffekt und Vibramat ergänzt.

Die Klaviaturen sind auch bei diesem Instrument freitragende Stahl-Kunststoffausführungen mit Schwenksystem (Kapitel 3.4). Die genau passenden Kontakte werden bei allen drei Manualen zehn- oder elffach ausgelegt. Beim Untermanual ist der Einbau eines zusätzlichen Kontaktes für das Harfenglissando zweckmäßig. Ebenfalls sollte bei einem der Obermanuale eine elfte Kontaktreihe für das neue, vielseitige Strings-Piano von Anfang an mit eingebaut werden. Das Pedal besitzt als besondere Bereicherung den in Kapitel 1.6.5 beschriebenen akustischen 32', wie er auch bei sehr großen Pfeifenorgeln zu finden ist. Für das Pedal sollten mindestens 10, für jedes Manual mindestens 16 Register eingebaut werden. Näheres über die Auslegung der Register zeigt die nachstehende Disposition.

Außer den eleganten, platzsparenden und leicht zu bedienenden Sonderzugriegeln können auch bei diesem Instrument die vielseitigen Sinus-Universalzugriegel lt. Kap. 1.6.11 und 3.6 eingebaut werden. Sie sind insbesondere für leichte Musik eine wesentliche Bereicherung. Als weitere Ergänzung lassen sich die verschiedensten Zusatzeffekte mit Sonderzugriegeln je nach Belieben sofort oder später in diese hochwertige Orgel mit einfügen. Wie bei allen vom Verfasser empfohlenen mehrmanualigen Orgeln können im Gehäuseunterteil vier Lautsprecher, nämlich zwei große Breitbandsysteme und zwei Hochtonlautsprecher Platz finden. Weitere Kanäle lassen sich durch zusätzliche Verstärker und separat aufstellbare Boxen verwirklichen. Dieser Möglichkeiten sollte man sich bei einem so hochwertigen Instrument zumindest teilweise bedienen. Auch ein Rotationsaggregat läßt sich leicht anschließen und über einen Zugriegel stufenlos dosieren. Ein elektronisches Schlagzeug und insbesondere ein BÖHMAT bieten für leichte Musik eine wertvolle Verbesserung und Spielerleichterung.

Wird eine solche Orgel, wie es häufig der Fall ist, in Kirchen aufgestellt, so sollte man auf eingebaute Lautsprecher am besten ganz verzichten und diese durch separat aufgestellte, große Lautsprecherboxen lt. Abb. 31 ersetzen. Eine indirekte Schallabstrahlung, bei der die Lautsprecher auf reflektierende Wände oder Decken gerichtet sind, ist häufig empfehlenswert.

Disposition der Orgel FnT

Pedal	Untermanual	Mittelmanual	Obermanual
Untersatz 32'	Bordun 16'	Weitprinzipal 16'	Prinzipal 16'
Subbaß 16'	Prinzipal 16'	Dulzian 16'	Rankett 16'
Prinzipal 16'	Posaune 16'	Hohlflöte 8'	Doppelflöte 8'
Posaune 16'	Baßflöte 8'	Prinzipal 8'	Prinzipal 8'
Baßflöte 8'	Prinzipal 8'	Horn 8'	Krummhorn 8'
Oktavbaß 8'	Fagott 8'	Schalmei 8'	Gemshorn 4'
Trompete 8'	Nasat 5 1/3'	Oboe 8'	Prinzipal 4'
Nachthorn 4'	Flöte 4'	Solotrompete 8'	Viola da Gamba 4'
Prinzipal 4'	Oktave 4'	Quinte 5 1/3'	Gemsquinte 2 2/3'
Rohrquinte 2 2/3'	Cello 4'	Prinzipal 4'	Spitzflöte 2'
Flachflöte 2'	Quinte 2 2/3'	Violine 4'	Prinzipal 2'
Mixtur 4fach	Superoktave 2'	Nasat 2 2/3'	Terz 1 3/5
Lautenstärken-Zugriegel	Terz 1 3/5'	Oktave 2'	Quintflöte 1 1/3'
	Oberquinte 1 1/3'	Terz 1 3/5'	Oktävlein 1' + 1/2'
	Piccolo 1'	Oberquinte 1 1/3'	Mollterz 16/19'
	Quarte 8/11'	Piccolo 1'	None 8/9'
	Mixtur 4fach	Sexte 16/27'	Terzian 3fach
	Zimbel 6fach	Aliquotmixtur 3fach	Zimbel 7fach
	Lautstärken-Zugriegel	Zimbel 4fach	Lautstärken-Zugriegel
		Scharff 7fach	
		Lautstärken-Zugriegel	

Spielhilfen: Umschaltmöglichkeit auf *Volles Werk* und *Flötenchor.* Vibratostärke und -schnelligkeit stufenlos durch Zugriegel einstellbar. Fußschweller für die Gesamtlautstärke der Orgel. Kathedraleffekt, Hawaiieffekt. Sinus-Universal-Zugriegel. Sonderzugriegel. Umschaltung Sägezahn-Rechteck. Oktav-Schieber. Synthemat. Alle Zusatzeffekte möglich.

Als Verstärker eignet sich gut die Ausführung lt. Abb. 28 sowie für sehr große Kirchen die 150-Watt-Ausführung lt. Kapitel 1.8. Ein Dreistufenschalter zur definierten Festlegung bestimmter Lautstärken gemäß Kap. 1.8 ist besonders für die Verwendung dieser Orgel in Kirchen zweckmäßig, sowie ferner auch ein weiterer Schalter zur Aufhebung der Stereophonie. Er verbindet sämtliche Verstärkereingänge miteinander.

Außer für Kirchen wird diese hochwertige Orgel auch für private Zwecke häufig gebaut. Man kommt dann mit eingebauten Lautsprechern und ein bis zwei kleinen Zusatzboxen lt. Abb. 30 aus. Wie man diese hochwertige und universelle elektronische Orgel auch einsetzt, wird sie ihrem Besitzer sicherlich immer sehr viel Freude bereiten und zu immer neuem, klangschönem Musizieren — von Bach bis Beat — anregen.

Eine Weiterentwicklung dieser Spitzenorgel bildet die viermanualige Orgel GnT. Sie wurde in *Abb. 14* auf Seite 34 bereits vorgestellt und ist ebenfalls für ernste und leichte Musik unübertroffen gut geeignet.

4.8 Orgeln mit elektronischen Tastenkontakten

4.8.1 Die Orgel Professional 2000

Nach jahrelangen Versuchen mit den verschiedensten Möglichkeiten elektronischer Tastung ist es dem Verfasser gelungen, elektronische Tastenkontakte aufzubauen, die sämtliche von Spitzenorganisten geforderten musikalischen Möglichkeiten enthalten, insbesondere die polyphon spielbare Einzeltasten-Percussion. Durch den Einsatz modernster IC's und Steckverbindungen bleibt der Nachbau jedoch leicht und übersichtlich.

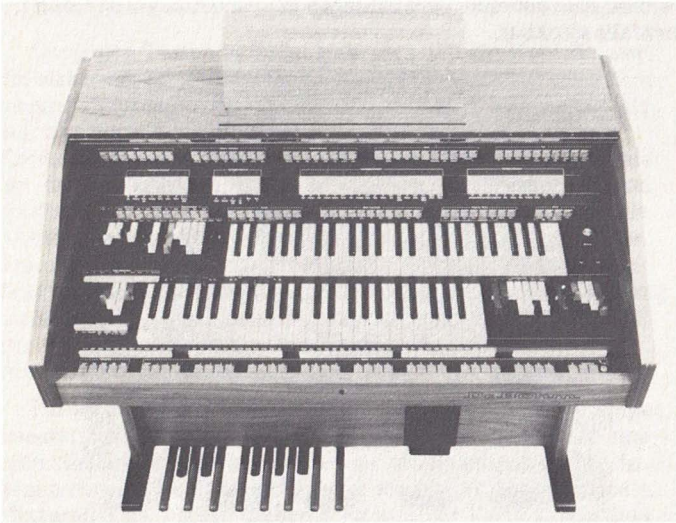


Abb. 57. Die Orgel Professional 2000 mit elektronischer Tastung, Klangspeicher-Computer und allen modernen Effekten.

Die Orgel Professional 2000 besitzt 2 versetzte Manuale mit jeweils 4 Oktaven. Sie verfügt im Untermanual über 6, im Obermanual sogar über 11 Fußlagen. Im Untermanual sind 8 Haupt- und 6 Solo-Register eingebaut. Im Obermanual wurde ebenfalls reiche Auswahl geschaffen: 18 Hauptregister und 12 klangechte Solostimmen, von Saxophon bis Violine.

Für eine genaue Beschreibung der Elektronik fehlt an dieser Stelle der Platz. Zum Aufbau dieser Orgel sind Schaltpläne auch nicht erforderlich, stehen in den Bauanleitungen jedoch zur Verfügung [4].

Der Aufbau der elektronischen Tastung erfolgt auf der großen Verdrahtungsplatine, auf der sich außer dem bewährten Sägezahn-Rechteck-Generator auch in Form von Leiterbahnen sämtliche Verbindungen von den Ausgängen des Generators zu den Eingängen der elektronischen Tastenkontakte befinden. Jede der 17 Fußlagen der Orgel besitzt eine separate Tastungsplatine, die nach der Bestückung mit modernsten Bauelementen einfach in Steckfassungen der Verdrahtungsplatine gesetzt werden. Alle anderen Verbindungen an der Grundplatine sind ebenfalls steckbar.

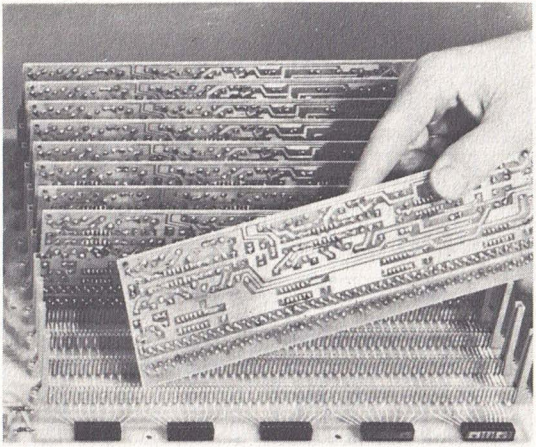


Abb. 58. Übersichtliche Steckbarkeit bei der elektronischen Tastung: Eine Kontaktplatine wird in die große Verdrahtungsplatine gesetzt.

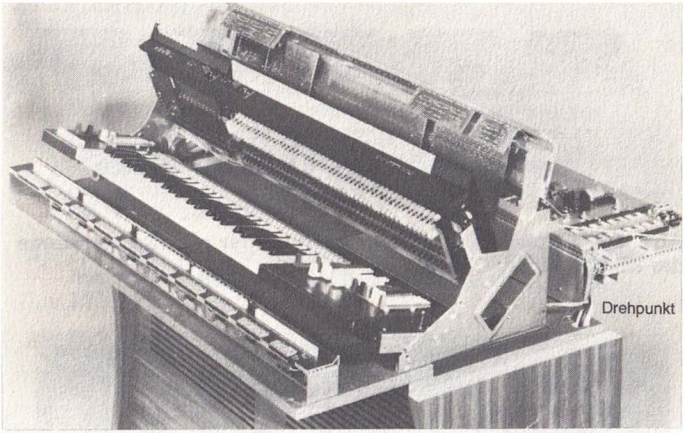


Abb. 59. Auch die aufwendige Elektronik ist bei der Professional 2000 durch das Schwenksystem sauber und übersichtlich.

Unter den Tasten befindet sich nur noch ein Kontakt, der die elektronischen Kontakte steuert (siehe Abb. 59). Im Obermanual kann ein zweiter Kontakt für das Strings-Piano zusätzlich eingebaut werden. Aber schon mit den elektronischen Kontakten allein lassen sich vielfältige Pianoklangfarben erzielen, da jedes Register, für jedes Manual separat, auf polyphon spielbare Einzeltastenpercussion geschaltet werden kann. Die Abklingdauer ist mehrfach änderbar. Auch kann durch diese Tastung ein Sustain zugeschaltet werden, dessen Länge ebenfalls wählbar ist. Ein weiterer Effekt ist der je nach Einstellung mehr oder weniger weiche Toneinsatz, der sich hervorragend zur Nachbildung von Einschwingvorgängen z.B. bei Solo-Instrumenten verwenden läßt.

Für jedes der Manuale lassen sich drei Klangfarben-Gruppen schalten: 1.) Sinusriegel, die ohne Sinus-Zusatzgenerator eine reine Sinusschwingung erklingen lassen. 2.) Hauptregister, in denen eine Vielzahl fester Klangfarben wie Flöten, Prinzipale, Mixturen u.s.w. in sämtlichen Fußlagen zur Verfügung stehen. 3.) Solo-Register, die in beiden Manualen täuschend ähnlich bekannte Instrumente imitieren: Saxophon, Akkordeon, Klarinette, Oboe, Trompete, Violine und viele andere.

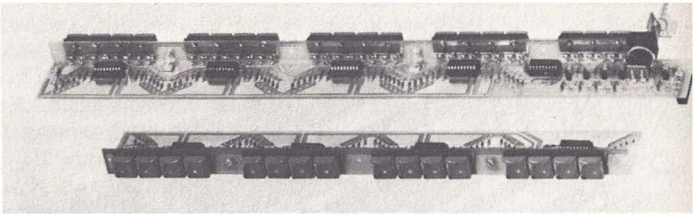


Abb. 60. Tipptasten und Tippelektronik für die 32 Programme des Klangspeicher-Computers.

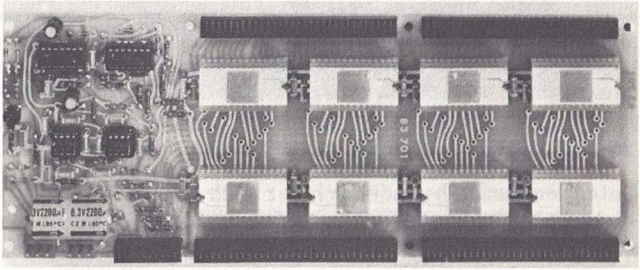


Abb. 61. Speicherplatine mit EAROM-IC's zur freien Programmierung von 32 verschiedenen Registrierungen.

Es ist aus Platzgründen nicht möglich, auf alle musikalischen Ausdrucksmöglichkeiten und technischen Raffinessen einzugehen. Deshalb sei hier nur noch der Klangspeicher-Computer erwähnt. Beinahe alle Funktionen der Bedienungselemente dieser Orgel sind von außen in jeder beliebigen Kombination speicherbar. Es stehen 32 verschiedene Programme zur Verfügung, die mit beliebigen Registrierungen programmiert werden und jederzeit abgerufen oder verändert werden können, ohne in die Orgel eingreifen zu müssen. Moderne EAROM-Speicher-IC's erhalten ihre Information ohne Pufferbatterie über Jahre hinweg. Der jeweilige Speicherinhalt wird durch Leuchtdioden an allen gespeicherten Bedienungselementen angezeigt. — Diese Spitzenorgel repräsentiert den zur Zeit modernsten Stand der Technik.

5 Literatur

[1] Bagally, W.: The Hommand organ, a new electro acoustical musical instrument. Wireless World 41, 1937, Seite 134...136

Die Hammond-Orgel. Elektrotechnik und Maschinenbau, 56, 1938, Seite 128

[2] Kwasnik, W.: Die Bauprinzipien der Elektronenorgeln. Instrumentenbauzeitschrift 7, 1953, Heft 8, Seite 125...128

[3] Dr. Böhm, R.: Elektronische Orgeln und ihr Selbstbau. FUNKSCHAU 1960, Hefte 2, 3, 4, 5 und 7, sowie frühere Auflagen dieses Buches.

[4] Firma Dr. Rainer Böhm GmbH & Co KG, Elektronische Orgeln und Bausätze, D 495 Minden, Kuhlenstr. 130: Kostenloser Gesamtkatalog

[5] Limann, O.: Klanganalyse nach dem Suchtonverfahren. FUNKSCHAU 1955, Heft 7, Ingenieurbeilage Nr. 3

[6] Schneider, R.: Die Widerstands-Kondensator-Schaltung (Radio-Praktiker-Bücherei Band 60). Franzis-Verlag, München. Abschnitt IV d.

[7] Sala, O.: Subharmonische elektrische Klangsynthesen, in: Klangstruktur der Musik (Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin)

[8] Grabner, H.: Die Kunst des Orgelbaues. (Max Hesses Verlag, Berlin, 1958)

Klotz, H.: Das Buch von der Orgel. (Bärenreiter-Verlag, Kassel und Basel, 1960)

[9] Dr. Lottermoser, W.: Akustische Untersuchungen an alten und neuen Orgeln, in: Klangstruktur der Musik (Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin)

[10] DBP-Offenlegungsschrift Nr. 1 935 897

[11] C. V. Rock, Geldverdienen mit Musik, Econ Verlag, Düsseldorf

Sachverzeichnis

A

Additive Klangformung 20, 56, 57, 59, 65, 71
Akustischer 16' und 32' 59
Aliquoten 55, 66, 71, 142
Amplitudenvibrato 27, 102
Arbeitsaufwand 118
Arpeggio 95
Aufbauhinweise 120
Auswahl der Orgel 130 ff

B

Barock 54
Bauanleitungen 118, 128
Bausätze 116, 117, 128
Begleitautomatik s. BÖHMAT
Bistabiler Multivibrator 93
BnT 135 ff
BnT/L 138
BnT "Sakral" 139 ff
BÖHMAT 32, 111 ff, 141, 146
Boxen 85, 87

C

Cembalo 37, 97
Chöre (Fußlagen) 36, 41, 47 56, 57, 58, 64, 66, 134, 142, 144, 154
Choreffekt 18, 27
CnT 142
CnT/L 142 ff
Contracussion 99

D

Dauertongenerator 18, 19, 57
DnT 9, 148
DnT/C 148

E

Einchörige Instrumente 132 ff
Einmanualige Orgeln 133 bis 138
Einschwingvorgänge 54, 155
Einzeltasten-Percussion 153, 155
Elektronisches Schlagzeug 106 ff, 146
Elektronische Tastenkontakte 36, 37, 146, 153 ff
Endverstärker s. Verstärker
Ernste Musik 130 ff, 139 ff 147 ff

F

Feste Kombination 69
Filter 59, 60 ... 64, 125
Flöten 50, 60
FnT 149 ff
Formanten 48, 49, 50, 56 60, 61
Formantglissando 101 ff
Freie Kombination 68, 69 148, 156
Frequenz|tabelle 25
– teiler 24
– vibrato s. Vibrato
Fußlagen s. Chöre
Fußschweller s. Schweller

G

Gedackt 51, 60, 100
Gehäuse 126, 129
Generator 12, 16, 18, 120, 121
Gesamtstimmung 14, 19, 103
Gleitklaviatur 96
Glissando 96
GnT 34, 153
Grundton 45, 47, 52, 54, 58

H
Halbautomat 106 ff
Hallgerät 13, 79 ff, 96
Hammondorgel 59, 64, 71
Harfenglissando 96
Harmonische 45, 46, 47, 48, 52
Harmonische Analyse 45
Hauptoszillator 18, 21, 22, 24
Hauptregister 68
Hawaiieffekt 103

I
Impedanzwandler 41
Indirekte Schallabstrahlung 151

K
Kabelbäume 41, 122
Kammerton 25
Kaskade 18, 22, 121
Katalog 128
Kathedraleffekt 26, 27, 87
Kirchen 151 ff
Klang|farbe 45, 46, 49, 56, 60
– formung 13, 45 ff, 68 124, 125
– krone 21
– speicher-Computer 69 156
Klaviaturen s. Manuale und Pedale
Klaviaturteilung 134, 140
Klavier 37, 96, 97, 155
Klingelmixtur 100
Kontaktdrähte 38, 42
Kontakte s. Tastenkontakte
Kontaktplatten 44
Koppeln 70
Kurztongenerator 17

L
Labialstimmen 50
Lautsprecher 13, 67 81 ff, 127
Leichte Musik 130 ff, 140 ff 147 ff, 153
Lippenpfeifen 50
Literatur 157

M
Magisches Vibrato 26, 27, 104
Mandolineneffekt 100
Manuale 12, 29 . . . 32, 121, 143
Manualteilung 134, 140
Masteroszillator 19
Mehrkanalige Wiedergabe 67 ff , 75, 79, 84
Metronom 100
Mischpult 75
Mixturen 52 ff, 58
Muttergenerator 19

N
Nachhall s. Hallgerät
Netzteil 14, 120

O
Obertöne 45, 47, 48, 57, 58, 60
Obertonregister 19, 36, 52. .57
Oktavteilerkette 18, 22

P
Pedal 29, 34, 148
Pedal Nachklang 91
Percussion 27, 96, 98 ff, 144 153, 155
Percustain 44, 95, 96, 97
Pfeifenorgel 49 ff
Phasenvibrato 27, 104, 105
Plenum 52
Principal 50, 60
Professional 2000 153 ff

R
Rechteckschwingung 19, 20, 21, 24, 47, 51, 60, 65, 66, 100
Register 47, 66
— Schalter 13, 45, 64 71, 124 ff
Repeat 100
Repetieren 52, 58, 140
Rhythmus 109 ff
Rotationslautsprecher 86 ff, 104

S
Sägezahn | schwingung 19, 21, 24, 47, 51, 59, 143
- -Rechteck-Generator 22, 120
Sammeldraht 39, 41, 58
Schallplatten 132, 143
Schlagzeug 106 ff, 146
Schnellverkabelung 41, 44 122 ff
Schwebung 55
Schweller 13, 73, 75
Schwenksystem 122, 128, 155
Selbstbauvorteile 115, 131
Selektive Klangformung 59, 64, 65
Sesquialter 58
Sinus | schwingung 19, 45, 60, 64, 71
- -Universal-Zugriegel 71, 144
Sonderzugriegel 72, 143, 144
Sparschaltung 16
Sperrschwinger 22, 23
Spezialeffekte 65, 98 ff, 130
Spinettorgel 32, 140 ff
Standard-Kirchenorgel-Pedal 35, 148, 150
Startautomatik 110
Steckverbindungen 153, 154
Stereophonie s. mehrkanalige Wiedergabe
Stimmung 55, 126
Streicher 50
Stummelpedal 34
Subharmonische Teiltöne 48
Sustain 44, 94 ff
Synchronisation 18
Synthesizer 102

T
Tastaturen s. Manuale
Tastenkontakte 12, 36 ff, 60 122, 144
Teiltöne 46, 47, 48, 54, 56
Temperierte Stimmung 55
Tongenerator s. Generator
Tremolo 27, 100
Treppenspannung 20

V
Verdrahtungsplatine 44, 154
Verharfung 40
Verkabelung 40, 122
Verstärker 13, 74 ff, 86, 127
Verwendungsmöglichkeiten 129 ff
Vibramat 26, 27
Vibrato 12, 26, 27, 88, 100 102, 104, 120, 121
Vollautomat 109 ff

W
Wah-Wah 101
Werk 53
Widerstände, abgestufte 41

Z
Zugriegel 64, 71, 144
Zungenpfeifen 49
Zusatzeffekte 80 ff, 130

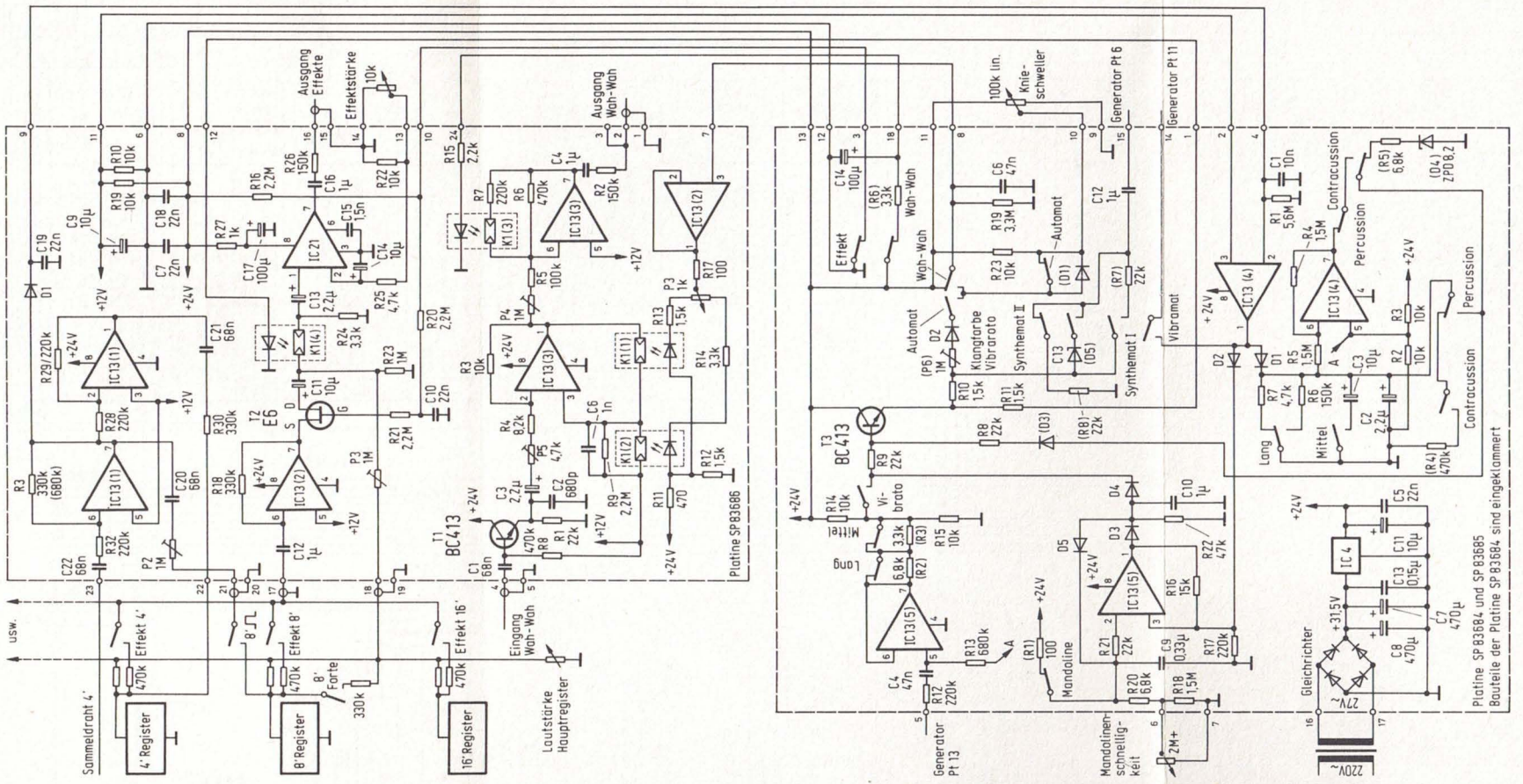


Abb. 39. Schaltplan des Bausatzes *Spezialeffekte*

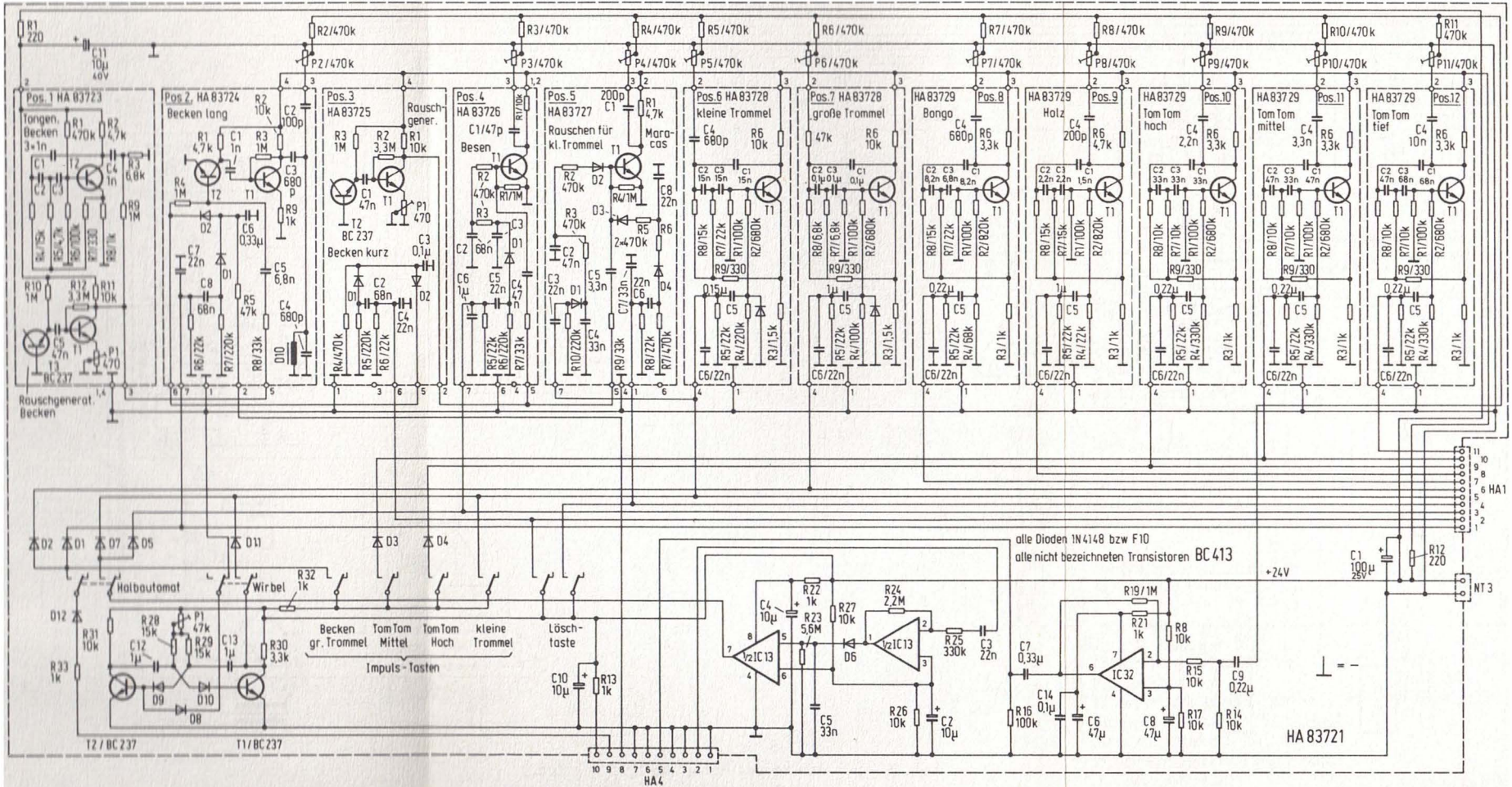


Abb. 42. Schaltplan des halbautomatischen elektronischen Schlagzeuges

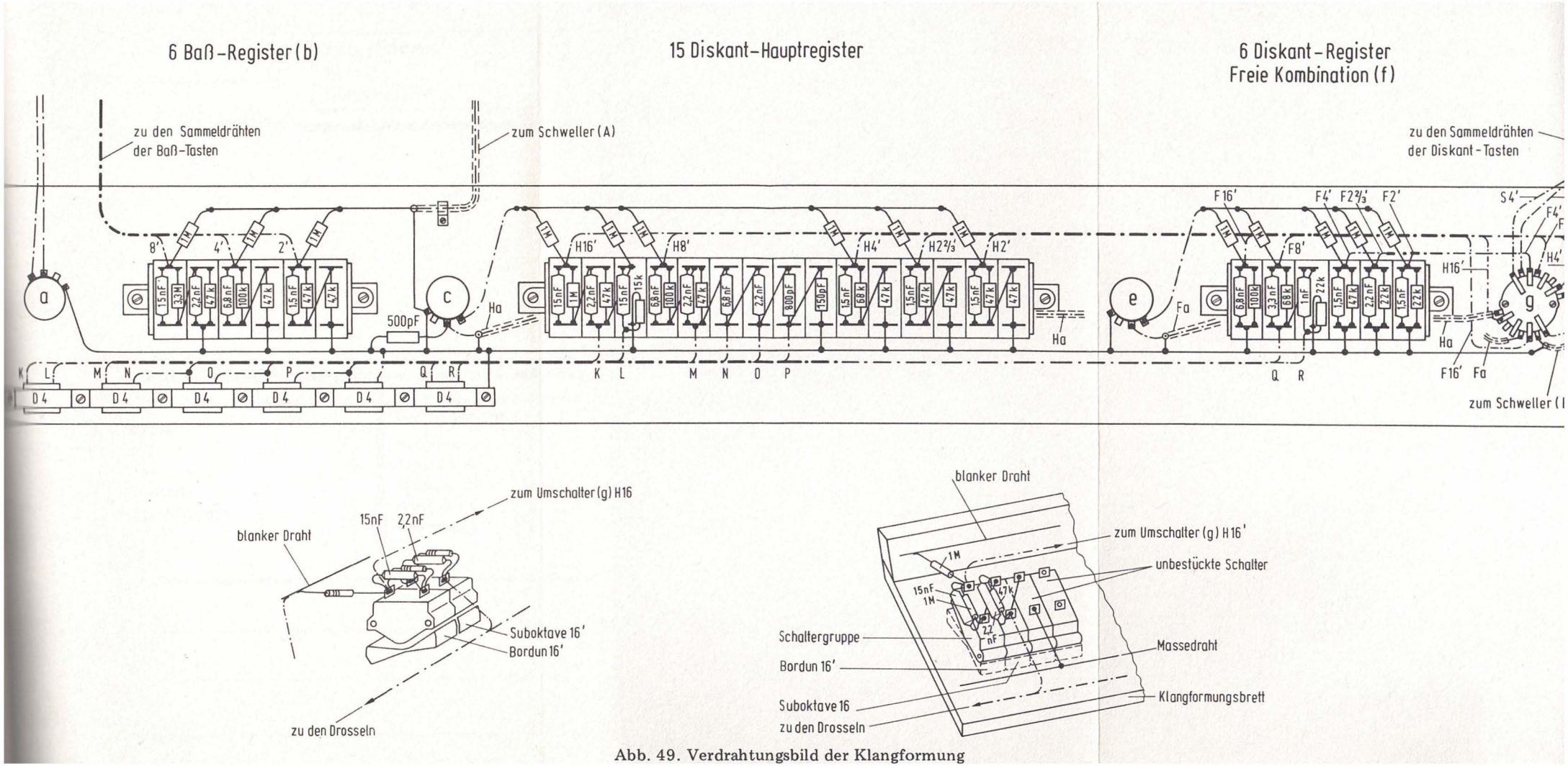


Abb. 49. Verdrahtungsbild der Klangformung

Was halten Sie von diesem Buch?
Das möchten wir gerne wissen.
Setzen Sie ein paar Stichworte auf. Das genügt.
Vielen Dank sagt Ihnen der

Franzis-Verlag

Allg. Hinweis
KD-
Klass.-Ziffer

Urteil über _____

_____ (Buchtitel)

Fachgebiete, die mich besonders interessieren:

1. Hobby-Elektronik ☐
2. Elektroakustik ☐
3. Radio + TV-Elektronik ☐
4. Industrie-Elektronik ☐
5. Elektronische Meßtechnik ☐
6. Informatik (EDV) ☐
7. Amateurfunk ☐

Auf dieses Buch wurde ich aufmerksam durch:

Prospekt ☐
Besprechung ☐
Schaufenster ☐
Anzeige ☐
Empfehlung ☐

_____
Vorname/Name

_____
Beruf

_____
Straße

_____
Postleitzahl/Ort

Hiermit bestelle ich

aus dem Franzis-Verlag, München, folgende Bücher
(Vervollständigung der ISBN genügt):

ISBN 3-7723-

Bitte senden Sie kostenlose Probehefte:

FUNKSCHAU ☐ **ELEKTRONIK** ☐

ELO ☐ **Verlagsverzeichnis** ☐

Lieferung durch die Buchhandlung:

Wenn keine Firma eingesetzt, bitte senden an ▶

Bitte als Postkarte frankieren

Franzis-Verlag

Werbe- und Vertriebsabteilung
Bücher

Postfach 37 01 20

8000 München 37

Böhm, Elektronische Orgeln und ihr Selbstbau

7. Auflage

101

Dreifachband

RPB

Elektronische Orgeln können ohne Schwierigkeiten selbst gebaut werden. Das know-how bringt dieses Buch. Die Klangqualität steht den hochwertigen Industrieorgeln in keiner Weise nach. Die Neubearbeitung dieses RPB-Erfolgstitels bespricht die modernen Transistororgeln und die in letzter Zeit angebotenen Bausätze. Auch wird gezeigt, wie vorhandene Instrumente mit Zusatzeffekten, einschließlich elektronischem Schlagzeug und Böhmat versehen werden können. Ebenso ist die Material- und Beratungshilfe wesentlich erweitert worden.

Der Autor:
Bereits während seines Physikstudiums beschäftigte sich Dr. R. Böhm mit der elektronischen Tonerzeugung, und bald entstand die erste selbstgebaute elektronische Orgel, der schnell immer bessere und größere folgten; heute aus eigenem Gewerbebetrieb.

ISBN 3-7723-1017-6